

This Page Is Inserted by IFW Operations  
and is not a part of the Official Record

## **BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning documents *will not* correct images,  
please do not report the images to the  
Image Problem Mailbox.**

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号  
特開2003-340923  
(P2003-340923A)

(43) 公開日 平成15年12月2日 (2003.12.2)

(51) Int.Cl.<sup>7</sup>  
B 2 9 C 67/00

識別記号

F I  
B 2 9 C 67/00

テーマコード(参考)  
4 F 2 1 3

審査請求 未請求 請求項の数 5 O L (全 24 頁)

(21) 出願番号 特願2002-149885(P2002-149885)

(22) 出願日 平成14年5月23日(2002.5.23)

(71) 出願人 000005201

富士写真フイルム株式会社  
神奈川県南足柄市中沼210番地

(71) 出願人 000005430

富士写真光機株式会社  
埼玉県さいたま市北区植竹町1丁目324番地

(72) 発明者 永野 和彦

神奈川県足柄上郡開成町宮台798番地 富士写真フイルム株式会社内

(74) 代理人 100079049

弁理士 中島 淳 (外3名)

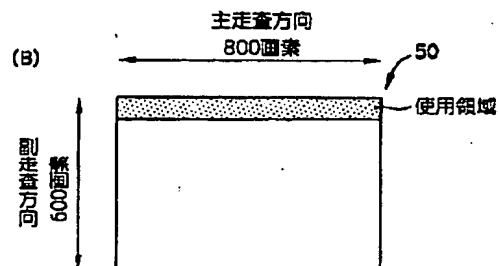
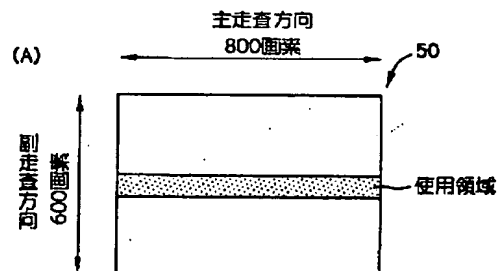
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 光造形装置

(57) 【要約】

【課題】 高速造形が可能な光造形装置を提供する。また、高精細な造形が可能な光造形装置を提供する。

【解決手段】 露光ヘッドに使用されるDMD50には、主走査方向にマイクロミラーが800個配列されたマイクロミラー列が、副走査方向に600組配列されているが、コントローラにより一部のマイクロミラー列（例えば、800個×100列）だけが駆動されるように制御する。DMD50のデータ処理速度には限界があり、使用する画素数に比例して1ライン当りの変調速度が決定されるので、一部のマイクロミラー列だけを使用することで1ライン当りの変調速度が速くなる。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】光硬化性樹脂を収容する造形槽と、該造形槽内に昇降可能に設けられた造形物を支持するための支持台と、

レーザ光を照射するレーザ装置と、各々制御信号に応じて光変調状態が変化する多数の画素部が基板上に2次元状に配列され、前記レーザ装置から照射されたレーザ光を変調する空間光変調素子と、前記基板上に配列された画素部の全個数より少ない個数の複数の画素部の各々を、露光情報に応じて生成した制御信号によって制御する制御手段と、各画素部で変調されたレーザ光を前記造形槽に収容された光硬化性樹脂の液面に結像させる光学系と、を含む露光ヘッドと、該露光ヘッドを前記光硬化性樹脂の液面に対して相対移動させる移動手段と、を備えた光造形装置。

【請求項2】前記制御手段により制御される画素部は、所定方向に対応する方向の長さが前記所定方向と交差する方向の長さより長い領域に含まれる画素部である請求項1に記載の光造形装置。

【請求項3】前記レーザ装置を、光ファイバの入射端から入射されたレーザ光をその出射端から出射する複数のファイバ光源を備え、該複数のファイバ光源の出射端における発光点の各々がアレイ状に配列されたファイバアレイ光源又はバンドル状に配列されたファイババンドル光源で構成した請求項1又は2に記載の光造形装置。

【請求項4】前記光ファイバとして、コア径が均一で出射端のクラッド径が入射端のクラッド径より小さい光ファイバを用いた請求項3に記載の光造形装置。

【請求項5】前記ファイバ光源を、下記(1)～(3)のいずれか1つのファイバ光源で構成した請求項3又は4に記載の光造形装置。

(1) 複数の半導体レーザと、1本の光ファイバと、前記複数の半導体レーザの各々から出射されたレーザビームを集光し、集光ビームを前記光ファイバの入射端に結合させる集光光学系と、を備えたファイバ光源

(2) (1)の半導体レーザが、複数の発光点を備えるマルチキャビティレーザであるファイバ光源

(3) 複数の発光点を備えるマルチキャビティレーザと、1本の光ファイバと、前記複数の発光点の各々から出射されたレーザビームを集光し、集光ビームを前記光ファイバの入射端に結合させる集光光学系と、を備えたファイバ光源

## 【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、光造形装置に関し、特に、画像データに応じて空間光変調素子により変調された光ビームで光硬化性樹脂を露光して3次元モデルを造形する光造形装置に関する。

【0002】

【従来の技術及び発明が解決しようとする課題】近年、

3次元CAD (Computer Aided Design) システムの普及に伴い、3次元CADによりコンピュータ上の仮想空間に作成された3次元形状を、CADデータに基づき光硬化性樹脂を光ビームで露光して3次元モデルを造形する光造形システムが利用されている。この光造形システムでは、コンピュータ上でCADデータを所定間隔でスライスして複数の断面データを作成し、各断面データに基づいて液状の光硬化性樹脂の表面をレーザ光で走査して層状に硬化させ、樹脂硬化層を順次積層して3次元モデルを造形する。光造形方法としては、上方開放型の槽内に液状の光硬化性樹脂を貯留しておき、光硬化性樹脂の液面近くに配置した造形テーブルを樹脂の自由液面から順次沈下させながら樹脂硬化層を積層する自由液面法が広く知られている。

【0003】従来、この光造形システムに使用される光造形装置には、「丸谷洋二：光造形システムの基礎・現状・問題点、型技術、第7巻第10号、pp18-23、1992」に示されるように、レーザプロッタ方式により走査を行うものと可動ミラー方式により走査を行うものとがあった。

【0004】レーザプロッタ方式による光造形装置を図28に示す。この装置では、レーザ光源250から発振されたレーザ光は、シャッタ252を備えた光ファイバ254を通してXYプロッタ256に到達し、XYプロッタ256から容器260内の光硬化性樹脂262の液面266に照射される。また、X位置決め機構258aとY位置決め機構258bとを備えたXY位置決め機構258により、XYプロッタ256のX方向、Y方向の位置が制御される。従って、XYプロッタ256をX方向、Y方向に移動させながら、シャッタ252によりXYプロッタ256から照射されるレーザ光を断面データに応じてオンオフ制御することで、液面266の所定部分の光硬化性樹脂262を硬化させることができる。

【0005】しかしながら、レーザプロッタ方式による光造形装置では、シャッタ速度やプロッタの移動速度には限界があり、造形に長時間を要する、という問題がある。

【0006】次に、従来のガルバノメータ・ミラーを用いた可動ミラー方式による光造形装置を図29に示す。この装置では、レーザ光270は、X軸回転ミラー272、Y軸回転ミラー274に反射されて光硬化性樹脂262に照射される。X軸回転ミラー272はZ軸を回転軸として回転することで照射位置のX方向の位置を、Y軸回転ミラー274はX軸を回転軸として回転することで照射位置のY方向の位置を制御する。この可動ミラー方式では、レーザプロッタ方式に比べ走査速度を上げることができる。

【0007】しかしながら、可動ミラー方式による光造形装置においても、微小なレーザスポットで走査するために、例えば2～12m/sの高速走査を行っても、1

0センチメートル立方程度の3次元モデルの造形に8～24時間もの時間を要する等、造形に長時間を要している。また、レーザ光270は、Y軸回転ミラー274に所定範囲の角度で入射した場合にしか反射されないため照射領域が限定される。そこで、照射領域を広げるためにY軸回転ミラー274を光硬化性樹脂262から離れた高い位置に配置すると、レーザスポットの径が大きくなって位置決め精度が悪くなり、造形精度が低下する、という問題がある。また、Y軸回転ミラー274の回転角度を大きくした場合にも、照射範囲は拡大するが、同様に位置決め精度が悪くなり、ピン・クッション・エラーが増加する。更に、ガルバノメータ・ミラーを用いた光造形装置には、歪み補正や光軸調整などの光学系の調整が複雑である、光学系が複雑で装置全体が大型化する、といった問題もある。

【0008】また、いずれの方式による光造形装置においても、レーザ光源としては高出力の紫外線レーザ光源が使用され、従来はアルゴンレーザ等のガスレーザまたはTHG（第3高調波）による固体レーザが一般的であったが、ガスレーザはチューブの交換等のメンテナンスが面倒であることに加え、高価であり光造形装置の価格を引き上げ、冷却用チラー等の付帯設備が必要で装置全体が大型化する。THG固体レーザにおいては、Qスイッチのパルス動作であり、繰り返しスピードが遅く、高速露光には不適切であった。また、THG光を用いるために波長変換効率が悪く高出力化できないことに加え、励起半導体レーザとして高出力のものを用いなければならず、非常にコストの高いものであった。

【0009】この問題に鑑み、特開平11-138645号公報には、単一のピクセルより大きなサイズのスポットで露光領域を照射することができる光源を複数備え、複数の光源によりピクセルを多重露光する光造形装置が提案されている。この装置では、複数の光源によりピクセルを多重露光するので、個々の光源の出力は小さくともよいから、安価な発光ダイオード（LED）を光源として使用することができる。

【0010】しかしながら、特開平11-138645号公報に記載の光造形装置では、各光源のスポットサイズは単一のピクセルより大きいから、高精細な造形には使用できず、また、複数の光源によってピクセルを多重露光するため動作に無駄が多く、造形に長時間を要する、という問題もある。また、光源の数が増えることで露光部が大型化する、という問題もある。更に、LEDの出力光量で多重露光しても、十分な分解能が得られない点もある。

【0011】本発明は上記従来技術の問題点に鑑み成されたものであり、本発明の目的は、高速造形が可能な光造形装置を提供することにある。本発明の他の目的は、高精細な造形が可能な光造形装置を提供することにある。

【0012】

【課題を解決するための手段】上記目的を達成するために本発明の光造形装置は、光硬化性樹脂を収容する造形槽と、該造形槽内に昇降可能に設けられた造形物を支持するための支持台と、レーザ光を照射するレーザ装置と、各々制御信号に応じて光変調状態が変化する多数の画素部が基板上に2次元状に配列され、前記レーザ装置から照射されたレーザ光を変調する空間光変調素子と、前記基板上に配列された画素部の全個数より少ない個数の複数の画素部の各々を、露光情報に応じて生成した制御信号によって制御する制御手段と、各画素部で変調されたレーザ光を前記造形槽に収容された光硬化性樹脂の液面に結像させる光学系と、を含む露光ヘッドと、該露光ヘッドを前記光硬化性樹脂の液面に対して相対移動させる移動手段と、を備えたことを特徴としている。

【0013】本発明の光造形装置では、露光ヘッドの空間光変調素子の各画素部で変調されたレーザ光を、前記造形槽に収容された光硬化性樹脂の液面に結像させると共に、移動手段によって該露光ヘッドを前記光硬化性樹脂の液面に対して相対移動させることにより、造形槽に収容された光硬化性樹脂の液面を走査露光する。露光された樹脂は硬化して硬化樹脂層が形成される。硬化樹脂層を1層形成した後、造形物を支持するために造形槽内に設けられた支持台を降下させて新たな樹脂表面を形成し、同様にして次の硬化樹脂層を形成する。このように樹脂の硬化と支持台の降下とを繰り返し、硬化樹脂層を順次積層して3次元モデルを造形する。

【0014】本発明の光造形装置においては、露光ヘッドの空間光変調素子について、その基板上に配列された画素部の全個数より少ない個数の複数の画素部の各々を、露光情報に応じて生成した制御信号によって制御する。即ち、基板上に配列された画素部の全部を制御することなく、一部の画素部を制御している。このため、制御する画素部の個数が少なくなり、制御信号の転送速度が全画素部の制御信号を転送する場合より短くなる。これによって変調速度を速くすることができ、高速造形が可能となる。

【0015】上記の光造形装置において、前記制御手段により制御される画素部は、所定方向に対応する方向の長さが前記所定方向と交差する方向の長さより長い領域に含まれる画素部であることが好ましい。レーザ装置の発光点の配列方向に長い領域の画素部を使用することで、使用する露光ヘッドの数を減らすことができる。

【0016】また、上記の光造形装置において、前記レーザ装置を、光ファイバの入射端から入射されたレーザ光をその出射端から出射する複数のファイバ光源を備え、該複数のファイバ光源の出射端における発光点の各々が1次元又は2次元アレイ状に配列されたファイバアレイ光源で構成することができる。また、該複数のファイバ光源の出射端における発光点の各々がバンドル状に

配列されたファイババンドル光源で構成してもよい。アレイ化又はバンドル化することで高出力化を図ることができる。前記光ファイバとしては、コア径が均一で出射端のクラッド径が入射端のクラッド径より小さい光ファイバを用いるのが好ましい。

【0017】ファイバアレイ光源等を構成する各ファイバ光源としては、レーザ光を合波して光ファイバに入射させる合波レーザ光源が好ましい。合波レーザ光源とすることで、高輝度、高出力を得ることができる。また、同じ光出力を得るためにアレイ化する光ファイバの本数が少なく済み、低コストである。更に、光ファイバの本数が少ないので、アレイ化した際の発光領域が更になくなる（高輝度化する）。空間光変調素子を部分的に使用する場合でも、高輝度なファイバアレイ光源やファイババンドル光源を用いることにより、使用部分にレーザ光を効率良く照射することができ、高光密度でレーザ光を照射することができる。これにより、高速且つ高精細な露光、造形が可能となる。例えば、 $1\mu\text{m}$ オーダーの微細形状の造形も可能である。

【0018】例えば、ファイバ光源を、複数の半導体レーザと、複数の半導体レーザと、1本の光ファイバと、前記複数の半導体レーザの各々から出射されたレーザビームを集光し、集光ビームを前記光ファイバの入射端に結合させる集光光学系と、で構成することができる。また、ファイバ光源を、複数の発光点を備えたマルチキャビティレーザと、1本の光ファイバと、前記複数の発光点の各々から出射されたレーザビームを集光し、集光ビームを前記光ファイバの入射端に結合させる集光光学系と、で構成してもよい。更に、複数のマルチキャビティレーザの発光点の各々から出射されたレーザビームを集光して1本の光ファイバに結合してもよい。

【0019】上記の光造形装置に使用される空間変調素子としては、各々制御信号に応じて反射面の角度が変更可能な多数のマイクロミラーが基板上に2次元状に配列されて構成されたデジタルマイクロミラーデバイス(DMD)や、各々制御信号に応じて透過光を遮断することが可能な多数の液晶セルが基板上に2次元状に配列されて構成された液晶シャッターアレイを用いることができる。DMDのように多数の画素部を備えた空間光変調素子を用いて多数のチャンネルで露光することにより、パワーが分散し熱歪みが防止される。

【0020】上記の光造形装置に使用されるレーザ装置としては、波長 $350\sim 450\text{nm}$ のレーザ光を照射するものが好ましい。例えば、半導体レーザにGa<sub>0.5</sub>N<sub>0.5</sub>系半導体レーザを用いることで、波長 $350\sim 450\text{nm}$ のレーザ光を照射するレーザ装置を構成することができる。波長 $350\sim 450\text{nm}$ のレーザ光を使用することにより、赤外波長領域のレーザ光を使用する場合に比べ、光硬化性樹脂の光吸収率を大幅に増加させることができる。波長 $350\sim 450\text{nm}$ のレーザ光は短波長で

あるため光子エネルギーが大きく、熱エネルギーに変換することが容易である。このように、波長 $350\sim 450\text{nm}$ のレーザ光は光吸収率が大きく、熱エネルギーへの変換が容易であるため、光硬化性樹脂の硬化、即ち造形を高速に行うことができる。レーザ光の波長帯域は $350\sim 420\text{nm}$ が好ましい。低コストなGa<sub>0.5</sub>N<sub>0.5</sub>系半導体レーザを用いるという点では、波長 $405\text{nm}$ が特に好ましい。

【0021】なお、上記の光造形装置は、露光ヘッドを複数備えたマルチヘッド方式の光造形装置として構成することができる。マルチヘッド化することで更に造形の高速度化が図られる。

【0022】

【発明の実施の形態】以下、図面を参照して本発明の実施の形態を詳細に説明する。

(第1の実施の形態)

【光造形装置の構成】本発明の実施の形態に係る光造形装置は、図1に示すように、上方に開口した容器156を備えており、容器156内には液状の光硬化性樹脂150が収容されている。また、容器156内には、平板状の昇降ステージ152が配置されており、この昇降ステージ152は、容器156外に配置された支持部154に支持されている。支持部154には、雄ねじ部154Aが設けられており、この雄ねじ部154Aは、図示しない駆動モータにより回転可能とされたリードスクリュー155が螺合されている。このリードスクリュー155の回転に伴い、昇降ステージ152が昇降される。

【0023】容器156内に収容された光硬化性樹脂152の液面上方には、箱状のスキヤナ162がその長手方向を容器156の短手方向に向けて配置されている。スキヤナ162は、短手方向の両側面に取り付けられた2本の支持アーム160により支持されている。なお、スキヤナ162は、これを制御する図示しないコントローラに接続されている。

【0024】また、容器156の長手方向の両側面には、副走査方向に延びたガイド158が各々設けられている。2本の支持アーム160の下端部が、このガイド158に副走査方向に沿って往復移動可能に取り付けられている。なお、この光造形装置には、支持アーム160と共にスキヤナ162をガイド158に沿って駆動するための図示しない駆動装置が設けられている。

【0025】スキヤナ162は、図2に示すように、(例えば、3行5列)の略マトリックス状に配列された複数(例えば、14個)の露光ヘッド166を備えている。この例では、容器156の短手方向の幅との関係で、3行目には4個の露光ヘッド166を配置した。なお、 $m$ 行目の $n$ 列目に配列された個々の露光ヘッドを示す場合は、露光ヘッド166<sub>mn</sub>と表記する。

【0026】露光ヘッド166による露光エリア168は、副走査方向を短辺とする矩形形状である。従って、ス

キャナ162の移動に伴い、光硬化性樹脂152の液面には露光ヘッド166毎に帯状の露光済み領域（硬化領域）170が形成される。なお、 $m$ 行目の $n$ 列目に配列された個々の露光ヘッドによる露光エリアを示す場合は、露光エリア168<sub>mn</sub>と表記する。

【0027】また、図3（A）及び（B）に示すように、帯状の露光済み領域170が副走査方向と直交する方向に隙間無く並ぶように、ライン状に配列された各行の露光ヘッドの各々は、配列方向に所定間隔（露光エリアの長辺の自然数倍、本実施の形態では2倍）ずらして配置されている。このため、1行目の露光エリア168<sub>11</sub>と露光エリア168<sub>12</sub>との間の露光できない部分は、2行目の露光エリア168<sub>21</sub>と3行目の露光エリア168<sub>31</sub>とにより露光することができる。

【0028】露光ヘッド166<sub>11</sub>～166<sub>mn</sub>各々は、図4、図5（A）及び（B）に示すように、入射された光ビームを画像データに応じて各画素毎に変調する空間光変調素子として、デジタル・マイクロミラー・デバイス（DMD）50を備えている。このDMD50は、データ処理部とミラー駆動制御部とを備えた図示しないコントローラに接続されている。このコントローラのデータ処理部では、入力された画像データに基づいて、各露光ヘッド166毎にDMD50の制御すべき領域内の各マイクロミラーを駆動制御する制御信号を生成する。なお、制御すべき領域については後述する。また、ミラー駆動制御部では、画像データ処理部で生成した制御信号に基づいて、各露光ヘッド166毎にDMD50の各マイクロミラーの反射面の角度を制御する。なお、反射面の角度の制御に付いては後述する。

【0029】DMD50の光入射側には、光ファイバの出射端部（発光点）が露光エリア168の長辺方向と対応する方向に沿って一列に配列されたレーザ出射部を備えたファイバアレイ光源66、ファイバアレイ光源66から出射されたレーザ光を補正してDMD上に集光させるレンズ系67、レンズ系67を透過したレーザ光をDMD50に向けて反射するミラー69が配置されている。

【0030】レンズ系67は、ファイバアレイ光源66から出射されたレーザ光を平行光化するレンズ71、平行光化されたレーザ光の光量分布が均一になるように補正する1対の組合せレンズ73、及び光量分布が補正されたレーザ光をDMD上に集光する集光レンズ75で構成されている。組合せレンズ73は、レーザ出射端の配列方向に対しては、レンズの光軸に近い部分は光束を広げ且つ光軸から離れた部分は光束を縮め、且つこの配列方向と直交する方向に対しては光をそのまま通過させる機能を備えており、光量分布が均一となるようにレーザ光を補正する。

【0031】また、DMD50の光反射側には、DMD50で反射されたレーザ光を光硬化性樹脂150の走査

面（被露光面）56上に結像するレンズ系54、58が配置されている。レンズ系54及び58は、DMD50と被露光面56とが共役な関係となるように配置されている。

【0032】DMD50は、図6に示すように、SRAMセル（メモリセル）60上に、微小ミラー（マイクロミラー）62が支柱により支持されて配置されたものであり、画素（ピクセル）を構成する多数の（例えば、600個×800個）の微小ミラーであるピクセルを格子状に配列して構成されたミラーデバイスである。各ピクセルには、最上部に支柱に支えられたマイクロミラー62が設けられており、マイクロミラー62の表面にはアルミニウム等の反射率の高い材料が蒸着されている。なお、マイクロミラー62の反射率は90%以上である。また、マイクロミラー62の直下には、ヒンジ及びヨークを含む支柱を介して通常の半導体メモリの製造ラインで製造されるシリコンゲートのCMOSのSRAMセル60が配置されており、全体はモノリシック（一体型）に構成されている。

【0033】DMD50のSRAMセル60にデジタル信号が書き込まれると、支柱に支えられたマイクロミラー62が、対角線を中心としてDMD50が配置された基板側に対して $\pm\alpha$ 度（例えば $\pm 10$ 度）の範囲で傾けられる。図7（A）は、マイクロミラー62がオン状態である $+\alpha$ 度に傾いた状態を示し、図7（B）は、マイクロミラー62がオフ状態である $-\alpha$ 度に傾いた状態を示す。従って、画像信号に応じて、DMD50の各ピクセルにおけるマイクロミラー62の傾きを、図6に示すように制御することによって、DMD50に入射された光はそれぞれのマイクロミラー62の傾き方向へ反射される。

【0034】なお、図6には、DMD50の一部を拡大し、マイクロミラー62が $+\alpha$ 度又は $-\alpha$ 度に制御されている状態の一例を示す。それぞれのマイクロミラー62のオンオフ制御は、DMD50に接続された図示しないコントローラによって行われる。なお、オフ状態のマイクロミラー62により光ビームが反射される方向には、光吸収体（図示せず）が配置されている。

【0035】また、DMD50は、その短辺が副走査方向と所定角度 $\theta$ （例えば、 $1^\circ \sim 5^\circ$ ）を成すように僅かに傾斜させて配置するのが好ましい。図8（A）はDMD50を傾斜させない場合の各マイクロミラーによる反射光像（露光ビーム）53の走査軌跡を示し、図8（B）はDMD50を傾斜させた場合の露光ビーム53の走査軌跡を示している。

【0036】DMD50には、長手方向にマイクロミラーが多数個（例えば、800個）配列されたマイクロミラー列が、短手方向に多数組（例えば、600組）配列されているが、図8（B）に示すように、DMD50を傾斜させることにより、各マイクロミラーによる露光ビ

ーム53の走査軌跡(走査線)のピッチ $P_1$ が、DMD50を傾斜させない場合の走査線のピッチ $P_2$ より狭くなり、解像度を大幅に向上させることができる。一方、DMD50の傾斜角は微小であるので、DMD50を傾斜させた場合の走査幅 $W_2$ と、DMD50を傾斜させない場合の走査幅 $W_1$ とは略同一である。

【0037】また、異なるマイクロミラー列により同じ走査線上が重ねて露光(多重露光)されることになる。このように、多重露光されることで、露光位置の微量をコントロールすることができ、高精細な露光を実現することができる。また、主走査方向に配列された複数の露光ヘッドの間のつなぎ目を微量の露光位置制御により段差無くつなぐことができる。

【0038】なお、DMD50を傾斜させる代わりに、各マイクロミラー列を副走査方向と直交する方向に所定間隔ずらして千鳥状に配置しても、同様の効果を得ることができる。

【0039】ファイバアレイ光源66は、図9に示すように、複数(本実施の形態では6個)のレーザモジュール64を備えており、各レーザモジュール64には、マルチモード光ファイバ30の一端が結合されている。マルチモード光ファイバ30の他端には、コア径がマルチモード光ファイバ30と同一で且つクラッド径がマルチモード光ファイバ30より小さい光ファイバ31が結合され、図9(C)に示すように、光ファイバ31の出射端部(発光点)が副走査方向と直交する主走査方向に沿って1列に配列されてレーザ出射部68が構成されている。なお、図9(D)に示すように、発光点を主走査方向に沿って2列に配列することもできる。

【0040】光ファイバ31の出射端部は、図9(B)に示すように、表面が平坦な2枚の支持板65に挟み込まれて固定されている。また、光ファイバ31の光出射側には、光ファイバ31の端面を保護するために、ガラス等の透明な保護板63が配置されている。保護板63は、光ファイバ31の端面と密着させて配置してもよく、光ファイバ31の端面が密封されるように配置してもよい。光ファイバ31の出射端部は、光密度が高く集塵し易く劣化し易いが、保護板63を配置することにより端面への塵埃の付着を防止することができると共に劣化を遅らせることができる。

【0041】この例では、クラッド径が小さい光ファイバ31の出射端を隙間無く1列に配列するために、クラッド径が大きい部分で隣接する2本のマルチモード光ファイバ30の間にマルチモード光ファイバ30を積み重ね、積み重ねられたマルチモード光ファイバ30に結合された光ファイバ31の出射端が、クラッド径が大きい部分で隣接する2本のマルチモード光ファイバ30に結合された光ファイバ31の2つの出射端の間に挟まれるように配列されている。

【0042】このような光ファイバは、例えば、図10

に示すように、クラッド径が大きいマルチモード光ファイバ30のレーザ光出射側の先端部分に、長さ1~30cmのクラッド径が小さい光ファイバ31を同軸的に結合することにより得ることができる。2本の光ファイバは、光ファイバ31の入射端面が、マルチモード光ファイバ30の出射端面に、両光ファイバの中心軸が一致するように融着されて結合されている。上述した通り、光ファイバ31のコア31aの径は、マルチモード光ファイバ30のコア30aの径と同じ大きさである。

【0043】また、長さが短くクラッド径が大きい光ファイバにクラッド径が小さい光ファイバを融着させた短尺光ファイバを、フェルールや光コネクタ等を介してマルチモード光ファイバ30の出射端に結合してもよい。コネクタ等を用いて着脱可能に結合することで、クラッド径が小さい光ファイバが破損した場合等に先端部分の交換が容易になり、露光ヘッドのメンテナンスに要するコストを低減できる。なお、以下では、光ファイバ31を、マルチモード光ファイバ30の出射端部と称する場合がある。

【0044】マルチモード光ファイバ30及び光ファイバ31としては、ステップインデックス型光ファイバ、グレーテッドインデックス型光ファイバ、及び複合型光ファイバの何れでもよい。例えば、三菱電線工業株式会社製のステップインデックス型光ファイバを用いることができる。本実施の形態では、マルチモード光ファイバ30及び光ファイバ31は、ステップインデックス型光ファイバであり、マルチモード光ファイバ30は、クラッド径=125 $\mu$ m、コア径=25 $\mu$ m、NA=0.2、入射端面コートの透過率=99.5%以上であり、光ファイバ31は、クラッド径=60 $\mu$ m、コア径=25 $\mu$ m、NA=0.2である。

【0045】一般に、赤外領域のレーザ光では、光ファイバのクラッド径を小さくすると伝搬損失が増加する。このため、レーザ光の波長帯域に応じて好適なクラッド径が決定されている。しかしながら、波長が短いほど伝搬損失は少なくなり、GaN系半導体レーザから出射された波長405nmのレーザ光では、クラッドの厚み{(クラッド径-コア径)/2}を800nmの波長帯域の赤外光を伝搬させる場合の1/2程度、通信用の1.5 $\mu$ mの波長帯域の赤外光を伝搬させる場合の約1/4にしても、伝搬損失は殆ど増加しない。従って、クラッド径を60 $\mu$ mと小さくすることができる。

【0046】但し、光ファイバ31のクラッド径は60 $\mu$ mには限定されない。従来のファイバ光源に使用されている光ファイバのクラッド径は125 $\mu$ mであるが、クラッド径が小さくなるほど輝度が上がるため焦点深度がより深くなるので、マルチモード光ファイバのクラッド径は80 $\mu$ m以下が好ましく、60 $\mu$ m以下がより好ましく、40 $\mu$ m以下が更に好ましい。一方、コア径は少なくとも3~4 $\mu$ m必要であることから、光ファイバ

31のクラッド径は10 $\mu$ m以上が好ましい。

【0047】レーザモジュール64は、図11に示す合波レーザ光源（ファイバ光源）によって構成されている。この合波レーザ光源は、ヒートブロック10上に配列固定された複数（例えば、7個）のチップ状の横マルチモード又はシングルモードのGa<sub>N</sub>系半導体レーザLD1、LD2、LD3、LD4、LD5、LD6、及びLD7と、Ga<sub>N</sub>系半導体レーザLD1～LD7の各々に対応して設けられたコリメータレンズ11、12、13、14、15、16、及び17と、1つの集光レンズ20と、1本のマルチモード光ファイバ30と、から構成されている。なお、半導体レーザの数は7個には限定されない。クラッド径=60 $\mu$ m、コア径=50 $\mu$ m、NA=0.2のマルチモード光ファイバには、20個もの半導体レーザ光を入射することが可能であり、露光ヘッドの必要光量を実現して、且つ光ファイバ本数をより減らすことができる。

【0048】Ga<sub>N</sub>系半導体レーザLD1～LD7は、発振波長が総て共通（例えば、405nm）であり、最大出力も総て共通（例えば、マルチモードレーザでは100mW、シングルモードレーザでは30mW）である。なお、Ga<sub>N</sub>系半導体レーザLD1～LD7としては、350nm～450nmの波長範囲で、上記の405nm以外の発振波長を備えるレーザを用いることができる。レーザ光の波長帯域は350～420nmがより好ましい。低コストなGa<sub>N</sub>系半導体レーザを用いるという点では、波長408nmが特に好ましい。

【0049】上記の合波レーザ光源は、図12及び図13に示すように、他の光学要素と共に、上方が開いた箱状のパッケージ40内に収納されている。パッケージ40は、その開口を閉じるように作成されたパッケージ蓋41を備えており、脱気処理後に封止ガスを導入し、パッケージ40の開口をパッケージ蓋41で閉じることにより、パッケージ40とパッケージ蓋41とにより形成される閉空間（封止空間）内に上記合波レーザ光源が気密封止されている。

【0050】パッケージ40の底面にはベース板42が固定されており、このベース板42の上面には、前記ヒートブロック10と、集光レンズ20を保持する集光レンズホルダー45と、マルチモード光ファイバ30の入射端部を保持するファイバホルダー46とが取り付けられている。マルチモード光ファイバ30の出射端部は、パッケージ40の壁面に形成された開口からパッケージ外に引き出されている。

【0051】また、ヒートブロック10の側面にはコリメータレンズホルダー44が取り付けられており、コリメータレンズ11～17が保持されている。パッケージ40の横壁面には開口が形成され、この開口を通してGa<sub>N</sub>系半導体レーザLD1～LD7に駆動電流を供給する配線47がパッケージ外に引き出されている。

【0052】なお、図13においては、図の煩雑化を避けるために、複数のGa<sub>N</sub>系半導体レーザのうちGa<sub>N</sub>系半導体レーザLD7にのみ番号を付し、複数のコリメータレンズのうちコリメータレンズ17にのみ番号を付している。

【0053】図14は、上記コリメータレンズ11～17の取り付け部分の正面形状を示すものである。コリメータレンズ11～17の各々は、非球面を備えた円形レンズの光軸を含む領域を平行な平面で細長く切り取った形状に形成されている。この細長形状のコリメータレンズは、例えば、樹脂又は光学ガラスをモールド成形することによって形成することができる。コリメータレンズ11～17は、長さ方向がGa<sub>N</sub>系半導体レーザLD1～LD7の発光点の配列方向（図14の左右方向）と直交するように、上記発光点の配列方向に密接配置されている。

【0054】一方、Ga<sub>N</sub>系半導体レーザLD1～LD7としては、発光幅が2 $\mu$ mの活性層を備え、活性層と平行な方向、直角な方向の拡がり角が各々例えば10°、30°の状態で作成されている。これらGa<sub>N</sub>系半導体レーザLD1～LD7は、活性層と平行な方向に発光点が1列に並ぶように配設されている。

【0055】従って、各発光点から発せられたレーザビームB1～B7は、上述のように細長形状の各コリメータレンズ11～17に対して、拡がり角度が大きい方向が長さ方向と一致し、拡がり角度が小さい方向が幅方向（長さ方向と直交する方向）と一致する状態で入射することになる。つまり、各コリメータレンズ11～17の幅が1.1mm、長さが4.6mmであり、それらに入射するレーザビームB1～B7の水平方向、垂直方向のビーム径は各々0.9mm、2.6mmである。また、コリメータレンズ11～17の各々は、焦点距離 $f_1=3$ mm、NA=0.6、レンズ配置ピッチ=1.25mmである。

【0056】集光レンズ20は、非球面を備えた円形レンズの光軸を含む領域を平行な平面で細長く切り取って、コリメータレンズ11～17の配列方向、つまり水平方向に長く、それと直角な方向に短い形状に形成されている。この集光レンズ20は、焦点距離 $f_2=23$ mm、NA=0.2である。この集光レンズ20も、例えば、樹脂又は光学ガラスをモールド成形することにより形成される。

【0057】〔光造形装置の動作〕次に、上記光造形装置の動作について説明する。

【0058】スキャナ162の各露光ヘッド166において、ファイバアレイ光源66の合波レーザ光源を構成するGa<sub>N</sub>系半導体レーザLD1～LD7の各々から発散光状態で出射したレーザビームB1、B2、B3、B4、B5、B6、及びB7の各々は、対応するコリメー



タレンズ11~17によって平行光化される。平行光化されたレーザビームB1~B7は、集光レンズ20によって集光され、マルチモード光ファイバ30のコア30aの入射端面に収束する。

【0059】本例では、コリメータレンズ11~17及び集光レンズ20によって集光光学系が構成され、その集光光学系とマルチモード光ファイバ30とによって合波光学系が構成されている。即ち、集光レンズ20によって上述のように集光されたレーザビームB1~B7が、このマルチモード光ファイバ30のコア30aに入射して光ファイバ内を伝搬し、1本のレーザビームBに合波されてマルチモード光ファイバ30の射出端部に結合された光ファイバ31から出射する。

【0060】各レーザモジュールにおいて、レーザビームB1~B7のマルチモード光ファイバ30への結合効率が0.85で、Ga<sub>N</sub>系半導体レーザLD1~LD7の各出力が30mWの場合には、アレイ状に配列された光ファイバ31の各々について、出力180mW(=30mW×0.85×7)の合波レーザビームBを得ることができる。従って、6本の光ファイバ31がアレイ状に配列されたレーザ射出部68での出力は約1W(=180mW×6)である。

【0061】ファイバアレイ光源66のレーザ射出部68には、この通り高輝度の発光点が主走査方向に沿って一列に配列されている。単一の半導体レーザからのレーザ光を1本の光ファイバに結合させる従来のファイバ光源は低出力であるため、多数列配列しなければ所望の出力を得ることができなかったが、本実施の形態で使用する合波レーザ光源は高出力であるため、少数列、例えば1列でも所望の出力を得ることができる。

【0062】例えば、半導体レーザと光ファイバを1対1で結合させた従来のファイバ光源では、通常、半導体レーザとしては出力30mW(ミリワット)程度のレーザが使用され、光ファイバとしてはコア径50μm、クラッド径125μm、NA(開口数)0.2のマルチモード光ファイバが使用されているので、約1W(ワット)の出力を得ようとすれば、マルチモード光ファイバを48本(8×6)束ねなければならない、発光領域の面積は0.62mm<sup>2</sup>(0.675mm×0.925mm)であるから、レーザ射出部68での輝度は1.6×10<sup>6</sup>(W/m<sup>2</sup>)、光ファイバ1本当たりの輝度は3.2×10<sup>6</sup>(W/m<sup>2</sup>)である。

【0063】これに対し、本実施の形態では、上述した通り、マルチモード光ファイバ6本で約1Wの出力を得ることができ、レーザ射出部68での発光領域の面積は0.0081mm<sup>2</sup>(0.325mm×0.025mm)であるから、レーザ射出部68での輝度は123×10<sup>6</sup>(W/m<sup>2</sup>)となり、従来に比べ約80倍の高輝度化を図ることができる。また、光ファイバ1本当たりの輝度は90×10<sup>6</sup>(W/m<sup>2</sup>)であり、従来に比べ約

28倍の高輝度化を図ることができる。

【0064】ここで、図15(A)及び(B)を参照して、従来の露光ヘッドと本実施の形態の露光ヘッドとの焦点深度の違いについて説明する。従来の露光ヘッドのバンドル状ファイバ光源の発光領域の副走査方向の径は0.675mmであり、本実施の形態の露光ヘッドのファイバアレイ光源の発光領域の副走査方向の径は0.025mmである。図15(A)に示すように、従来の露光ヘッドでは、光源(バンドル状ファイバ光源)1の発光領域が大きいため、DMD3へ入射する光束の角度が大きくなり、結果として走査面5へ入射する光束の角度が大きくなる。このため、集光方向(ピント方向のずれ)に対してビーム径が太りやすい。

【0065】一方、図15(B)に示すように、本実施の形態の露光ヘッドでは、ファイバアレイ光源66の発光領域の副走査方向の径が小さいので、レンズ系67を通過してDMD50へ入射する光束の角度が小さくなり、結果として走査面56へ入射する光束の角度が小さくなる。即ち、焦点深度が深くなる。この例では、発光領域の副走査方向の径は従来の約30倍になっており、略回折限界に相当する焦点深度を得ることができる。従って、微小スポットの露光に好適である。この焦点深度への効果は、露光ヘッドの必要光量が大いほど顕著であり、有効である。この例では、露光面に投影された1画素サイズは10μm×10μmである。なお、DMDは反射型の空間変調素子であるが、図15(A)及び(B)は、光学的な関係を説明するために展開図とした。

【0066】1層分の露光パターンに応じた画像データが、DMD50に接続された図示しないコントローラに入力され、コントローラ内のフレームメモリに一旦記憶される。この画像データは、画像を構成する各画素の濃度を2値(ドットの記録の有無)で表したデータである。

【0067】スキャナ162は、図示しない駆動装置により、ガイド158に沿って副走査方向の上流側から下流側に一定速度で移動される。スキャナ162の移動が開始されると、フレームメモリに記憶された画像データが複数ライン分ずつ順次読み出され、データ処理部で読み出された画像データに基づいて各露光ヘッド166毎に制御信号が生成される。そして、ミラー駆動制御部により、生成された制御信号に基づいて各露光ヘッド166毎にDMD50のマイクロミラーの各々がオンオフ制御される。

【0068】ファイバアレイ光源66からDMD50にレーザ光が照射されると、DMD50のマイクロミラーがオン状態のときに反射されたレーザ光は、レンズ系54、58により光硬化性樹脂150の液面(被露光面)56上に結像される。このようにして、ファイバアレイ光源66から出射されたレーザ光が画素毎にオンオフさ

れて、光硬化性樹脂150がDMD50の使用画素数と略同数の画素単位（露光エリア168）で露光されて硬化する。また、スキャナ162が一定速度で移動されることにより、光硬化性樹脂150の液面が副走査され、各露光ヘッド166毎に帯状の硬化領域170が形成される。

【0069】図16（A）及び（B）に示すように、本実施の形態では、DMD50には、主走査方向にマイクロミラーが800個配列されたマイクロミラー列が、副走査方向に600組配列されているが、本実施の形態では、コントローラ51により一部のマイクロミラー列（例えば、800個×100列）だけが駆動されるように制御する。

【0070】図16（A）に示すように、DMD50の中央部に配置されたマイクロミラー列を使用してもよく、図16（B）に示すように、DMD50の端部に配置されたマイクロミラー列を使用してもよい。また、一部のマイクロミラーに欠陥が発生した場合は、欠陥が発生していないマイクロミラー列を使用するなど、状況に応じて使用するマイクロミラー列を適宜変更してもよい。

【0071】DMD50のデータ処理速度には限界があり、使用する画素数に比例して1ライン当りの変調速度が決定されるので、一部のマイクロミラー列だけを使用することで1ライン当りの変調速度が速くなる。一方、連続的に露光ヘッドを露光面に対して相対移動させる露光方式の場合には、副走査方向の画素を全部使用する必要はない。

【0072】例えば、600組のマイクロミラー列の内、300組だけ使用する場合には、600組全部使用する場合と比較すると1ライン当り2倍速く変調することができる。また、600組のマイクロミラー列の内、200組だけ使用する場合には、600組全部使用する場合と比較すると1ライン当り3倍速く変調することができる。即ち、副走査方向に500mmの領域を17秒で露光できる。また、100組だけ使用する場合には、1ライン当り6倍速く変調することができる。即ち、副走査方向に500mmの領域を9秒で露光できる。

【0073】使用するマイクロミラー列の数、即ち、副走査方向に配列されたマイクロミラーの個数は、10以上で且つ200以下が好ましく、10以上で且つ100以下がより好ましい。1画素に相当するマイクロミラー1個当りの面積は $15\mu\text{m} \times 15\mu\text{m}$ であるから、DMD50の使用領域に換算すると、 $12\text{mm} \times 150\mu\text{m}$ 以上で且つ $12\text{mm} \times 3\text{mm}$ 以下の領域が好ましく、 $12\text{mm} \times 150\mu\text{m}$ 以上で且つ $12\text{mm} \times 1.5\text{mm}$ 以下の領域がより好ましい。

【0074】使用するマイクロミラー列の数が上記範囲にあれば、図17（A）及び（B）に示すように、ファイバアレイ光源66から出射されたレーザ光をレンズ系

67で略平行光化して、DMD50に照射することができる。DMD50によりレーザ光を照射する照射領域は、DMD50の使用領域と一致することが好ましい。照射領域が使用領域よりも広いとレーザ光の利用効率が低下する。

【0075】一方、DMD50上に集光させる光ビームの副走査方向の径を、レンズ系67により副走査方向に配列されたマイクロミラーの個数に応じて小さくする必要があるが、使用するマイクロミラー列の数が10未満であると、DMD50に入射する光束の角度が大きくなり、走査面56における光ビームの焦点深度が浅くなるので好ましくない。また、使用するマイクロミラー列の数が200以下が変調速度の観点から好ましい。なお、DMDは反射型の空間変調素子であるが、図17（A）及び（B）は、光学的な関係を説明するために展開図とした。

【0076】スキャナ162による1回の副走査により1層分の硬化が終了すると、スキャナ162は、図示しない駆動装置により、ガイド158に沿って最上流側にある原点に復帰する。次に、図示しない駆動モータによりリードスクリー155を回転させて昇降ステージ152を所定量降下させ、光硬化性樹脂150の硬化部分を液面下に沈め、硬化部分上方を液状の光硬化性樹脂150で満たす。そして、次の層の画像データが、DMD50に接続された図示しないコントローラに入力されると、再度、スキャナ162による副走査が行われる。このように、副走査による露光（硬化）とステージの降下とを繰り返して行い、硬化部分が積み重ねられることにより3次元モデルが形成される。

【0077】以上説明した通り、本実施の形態の光造形装置は、主走査方向にマイクロミラーが800個配列されたマイクロミラー列が、副走査方向に600組配列されたDMDを備えているが、コントローラにより一部のマイクロミラー列だけが駆動されるように制御するので、全部のマイクロミラー列を駆動する場合に比べて、1ライン当りの変調速度が速くなる。これにより高速での露光、造形が可能になる。

【0078】また、DMDを照明する光源に、合波レーザ光源の光ファイバの出射端部をアレイ状に配列した高輝度のファイバアレイ光源を用いているので、高出力であると共に深い焦点深度を得ることができ且つ高い光密度出力が得られるので、高速且つ高精細に造形を行うことができる。更に、各ファイバ光源の出力が大きくなることで、所望の出力を得るために必要なファイバ光源数が少なくなり、光造形装置の低コスト化が図られる。

【0079】特に、本実施の形態では、光ファイバの出射端のクラッド径を入射端のクラッド径よりも小さくしているため、発光部径がより小さくなり、ファイバアレイ光源の一層の高輝度化が図られる。これにより、より高精細な造形が可能となる。

【0080】なお、上記の実施の形態では、DMDのマイクロミラーを部分的に駆動する例について説明したが、所定方向に対応する方向の長さが前記所定方向と交差する方向の長さより長い基板上に、各々制御信号に応じて反射面の角度が変更可能な多数のマイクロミラーが2次元状に配列された細長いDMDを用いても、反射面の角度を制御するマイクロミラーの個数が少なくなるので、変調速度を速くすることができる。

【0081】次に、以上説明した実施の形態の変形例について説明する。【他の空間変調素子】上記の実施の形態では、DMDのマイクロミラーを部分的に駆動する例について説明したが、所定方向に対応する方向の長さが前記所定方向と交差する方向の長さより長い基板上に、各々制御信号に応じて反射面の角度が変更可能な多数のマイクロミラーが2次元状に配列された細長いDMDを用いても、反射面の角度を制御するマイクロミラーの個数が少なくなるので、変調速度を速くすることができる。

【0082】上記の実施の形態では、空間変調素子としてDMDを備えた露光ヘッドについて説明したが、例えば、MEMS (Micro Electro Mechanical Systems) タイプの空間変調素子 (SLM; Spatial Light Modulator) や、電気光学効果により透過光を変調する光学素子 (PLZT素子) や液晶光シャッター (FLC) 等、MEMSタイプ以外の空間変調素子を用いた場合にも、基板上に配列された全画素部に対し一部の画素部を使用することで、1画素当たり、1主走査ライン当たりの変調速度を速くすることができるので、同様の効果を得ることができる。

【0083】なお、MEMSとは、IC製造プロセスを基盤としたマイクロマシニング技術によるマイクロサイズのセンサ、アクチュエータ、そして制御回路を集積化した微細システムの総称であり、MEMSタイプの空間変調素子とは、静電気力を利用した電気機械動作により駆動される空間変調素子を意味している。

【0084】【レーザ駆動方法】また、ファイバアレイ光源に含まれる各GaN系半導体レーザは、連続駆動してもよく、またパルス駆動してもよい。パルス駆動されたレーザ光で露光することにより熱拡散が防止され、高速かつ高精細な造形が可能となる。パルス幅は短い方が好ましく、1psec~100nsecが好ましく、1psec~300psecがより好ましい。なお、GaN系半導体レーザは、COD (Catastrophic Optical Damage) と呼ばれる光出射端面の破損が生じ難く、高信頼性であり、1psec~300psecのパルス幅も容易に実現できる。

【0085】【他の露光方式】図18に示すように、上記の実施の形態と同様に、スキャナ162によるX方向への1回で光硬化性樹脂150の液面全面を走査してもよく、図19(A)及び(B)に示すように、スキャナ162をX方向へ走査した後、スキャナ162をY方向

に1ステップ移動し、X方向へ走査を行うというように、走査と移動を繰り返して、複数回の走査で液面全面を走査するようにしてもよい。なお、この例では、スキャナ162は18個の露光ヘッド166を備えている。

【0086】一般に、3次元モデルを造形する光造形方法においては、樹脂の硬化に伴う重合収縮、硬化時に発生した重合熱により高温となった樹脂が常温に冷却されて歪むことによる硬化収縮が発生し、これら硬化に伴う収縮により造形物が歪み、造形精度が低下するという問題がある。特に、複数の画素を含む領域を同時に露光（面露光）して平板状に造形する場合には、造形物が積層方向に対して下側に凸に反ってしまう。このような硬化収縮による歪みの発生を防止するために、露光領域を複数の領域に分けて順次露光するのが好ましい。

【0087】例えば、光硬化性樹脂の同一液面を複数回走査することとし、1回目の走査で造形形状の輪郭線を露光して光硬化性樹脂を硬化させた後、2回目以降の走査で輪郭線の内部を露光して光硬化性樹脂を硬化させることにより、歪みの発生が防止される。

【0088】また、図30(A)に示すように、露光領域を多数個の画素に分割し、この多数個の画素を、相互に隣接しない画素102で構成される第1のグループと、相互に隣接しない画素104で構成される第2のグループの2つのグループに分けて、グループ毎に走査露光してもよい。画素102と画素104とは市松模様を構成するように交互に配列されている。図30(A)には露光領域の一部を示すが、例えば100万画素のDMDを備えた露光ヘッドを用いた場合には、DMDの画素数に応じて露光領域を100万個の画素に分割することができる。

【0089】まず、1回目の走査で、図30(B)に示すように、第1のグループに属する画素102を露光し、2回目の走査で、図30(C)に示すように、第2のグループに属する画素104を露光する。これにより、画素と画素との隙間が埋められて、光硬化性樹脂の液面の露光領域の全面が露光される。

【0090】1回目の走査で同時に露光される第1のグループの画素同士は相互に隣接しておらず、2回目の走査で同時に露光される第2のグループの画素同士も相互に隣接していない。このように隣接する画素は同時に露光されることが無いので、隣接する画素に硬化収縮による歪みが伝播しない。即ち、露光領域全体を同時に露光する場合には、硬化収縮による歪みは露光領域を伝播するに従い大きくなり、相当の歪みが発生することになるが、この例では、硬化収縮は1画素の範囲でのみ生じ、硬化収縮による歪みは隣接する画素には伝播しない。これにより、積層造形物において歪みの発生が顕著に抑制されて、高精度での造形が可能となる。

【0091】上記の実施の形態の露光装置では、スキャナによる1回の走査により光硬化性樹脂の液面を任意の

パターンで露光することができる。従って、複数回の走査により分割された領域毎に露光することは比較的容易である。

【0092】〔光硬化性樹脂〕光造形で用いられる液状の光硬化性樹脂としては、一般に、光ラジカル重合反応により硬化するウレタンアクリレート系樹脂や、光カチオン重合反応により硬化するエポキシ系樹脂が使用される。また、常温ではゲル状態にあり、レーザ照射により熱エネルギーが付与されるとゾル状態に転移するゾルゲル変換型の光硬化性樹脂を用いることができる。ゾルゲル変換型の光硬化性樹脂を用いた光造形方法では、液状ではなくゲル状態の造形面において露光、硬化を行うので、造形物がゲル状の樹脂中に形成され、造形物を支えるためのサポート部分や連結部分を造形する必要が無い、という利点がある。

【0093】所定領域を同時に露光するライン露光、エリア露光を行う場合には、上記のゾルゲル変換型の光硬化性樹脂に熱伝導性のフィラーを添加した樹脂を用いることが好ましい。熱伝導性のフィラーを添加することで熱拡散性が発揮され、造形物における熱歪みの発生が防止される。特に、ゾルゲル変換型の光硬化性樹脂では、通常の樹脂と異なりフィラーを沈降させずに均一に分散させることができるので、熱拡散性を維持することができる。

【0094】〔他のレーザ装置（光源）〕上記の実施の形態では、合波レーザ光源を複数備えたファイバアレイ光源を用いる例について説明したが、レーザ装置は、合波レーザ光源をアレイ化したファイバアレイ光源には限定されない。例えば、1個の発光点を有する単一の半導体レーザから入射されたレーザ光を出射する1本の光ファイバを備えたファイバ光源をアレイ化したファイバアレイ光源を用いることができる。

【0095】また、複数の発光点を備えた光源としては、例えば、図20に示すように、ヒートブロック100上に、複数（例えば、7個）のチップ状の半導体レーザLD1～LD7を配列したレーザアレイを用いることができる。また、図21（A）に示す、複数（例えば、5個）の発光点110aが所定方向に配列されたチップ状のマルチキャビティレーザ110が知られている。マルチキャビティレーザ110は、チップ状の半導体レーザを配列する場合と比べ、発光点を位置精度良く配列できるので、各発光点から出射されるレーザビームを合波し易い。但し、発光点が多くなるとレーザ製造時にマルチキャビティレーザ110に摺みが発生し易くなるため、発光点110aの個数は5個以下とするのが好ましい。

【0096】本発明の露光ヘッドでは、このマルチキャビティレーザ110や、図21（B）に示すように、ヒートブロック100上に、複数のマルチキャビティレーザ110が各チップの発光点110aの配列方向と同じ

方向に配列されたマルチキャビティレーザアレイを、レーザ装置（光源）として用いることができる。

【0097】また、合波レーザ光源は、複数のチップ状の半導体レーザから出射されたレーザ光を合波するものには限定されない。例えば、図22に示すように、複数（例えば、3個）の発光点110aを有するチップ状のマルチキャビティレーザ110を備えた合波レーザ光源を用いることができる。この合波レーザ光源は、マルチキャビティレーザ110と、1本のマルチモード光ファイバ130と、集光レンズ120と、を備えて構成されている。マルチキャビティレーザ110は、例えば、発振波長が405nmのGaN系レーザダイオードで構成することができる。

【0098】上記の構成では、マルチキャビティレーザ110の複数の発光点110aの各々から出射したレーザビームBの各々は、集光レンズ120によって集光され、マルチモード光ファイバ130のコア130aに入射する。コア130aに入射したレーザ光は、光ファイバ内を伝搬し、1本に合波されて出射する。

【0099】マルチキャビティレーザ110の複数の発光点110aを、上記マルチモード光ファイバ130のコア径と略等しい幅内に並設すると共に、集光レンズ120として、マルチモード光ファイバ130のコア径と略等しい焦点距離の凸レンズや、マルチキャビティレーザ110からの出射ビームをその活性層に垂直な面内のみでコリメートするロッドレンズを用いることにより、レーザビームBのマルチモード光ファイバ130への結合効率を上げることができる。

【0100】また、図23に示すように、複数（例えば、3個）の発光点を備えたマルチキャビティレーザ110を用い、ヒートブロック111上に複数（例えば、9個）のマルチキャビティレーザ110が互いに等間隔で配列されたレーザアレイ140を備えた合波レーザ光源を用いることができる。複数のマルチキャビティレーザ110は、各チップの発光点110aの配列方向と同じ方向に配列されて固定されている。

【0101】図23に示す合波レーザ光源は、レーザアレイ140と、各マルチキャビティレーザ110に対応させて配置した複数のレンズアレイ114と、レーザアレイ140と複数のレンズアレイ114との間に配置された1本のロッドレンズ113と、1本のマルチモード光ファイバ130と、集光レンズ120と、を備えて構成されている。レンズアレイ114は、マルチキャビティレーザ110の発光点に対応した複数のマイクロレンズを備えている。

【0102】上記の構成では、複数のマルチキャビティレーザ110の複数の発光点110aの各々から出射したレーザビームBの各々は、ロッドレンズ113により所定方向に集光された後、レンズアレイ114の各マイクロレンズにより平行光化される。平行光化されたレーザ

ビームは、集光レンズ120によって集光され、マルチモード光ファイバ130のコア130aに入射する。コア130aに入射したレーザ光は、光ファイバ内を伝搬し、1本に合波されて出射する。

【0103】更に他の合波レーザ光源の例を示す。この合波レーザ光源は、図24(A)及び(B)に示すように、略矩形形状のヒートブロック180上に光軸方向の断面がL字状のヒートブロック182が搭載され、2つのヒートブロック間に収納空間が形成されている。L字状のヒートブロック182の上面上には、複数の発光点(例えば、5個)がアレイ状に配列された複数(例えば、2個)のマルチキャビティレーザ110が、各チップの発光点110aの配列方向と同じ方向に等間隔で配列されて固定されている。

【0104】略矩形形状のヒートブロック180には凹部が形成されており、ヒートブロック180の空間側上面上には、複数の発光点(例えば、5個)がアレイ状に配列された複数(例えば、2個)のマルチキャビティレーザ110が、その発光点がヒートブロック182の上面上に配置されたレーザチップの発光点と同じ鉛直面上に位置するように配置されている。

【0105】マルチキャビティレーザ110のレーザ光出射側には、各チップの発光点110aに対応してコリメートレンズが配列されたコリメートレンズアレイ184が配置されている。コリメートレンズアレイ184は、各コリメートレンズの長さ方向とレーザビームの拡がり角が大きい方向(速軸方向)とが一致し、各コリメートレンズの幅方向が拡がり角が小さい方向(遅軸方向)と一致するように配置されている。このように、コリメートレンズをアレイ化して一体化することで、レーザ光の空間利用効率が向上し合波レーザ光源の高出力化が図られると共に、部品点数が減少し低コスト化することができる。

【0106】また、コリメートレンズアレイ184のレーザ光出射側には、1本のマルチモード光ファイバ130と、このマルチモード光ファイバ130の入射端にレーザビームを集光して結合する集光レンズ120と、が配置されている。

【0107】上記の構成では、レーザブロック180、182上に配置された複数のマルチキャビティレーザ110の複数の発光点110aの各々から出射したレーザビームBの各々は、コリメートレンズアレイ184により平行光化され、集光レンズ120によって集光されて、マルチモード光ファイバ130のコア130aに入射する。コア130aに入射したレーザ光は、光ファイバ内を伝搬し、1本に合波されて出射する。

【0108】この合波レーザ光源は、上記の通り、マルチキャビティレーザの多段配置とコリメートレンズのアレイ化とにより、特に高出力化を図ることができる。この合波レーザ光源を用いることにより、より高輝度なフ

ァイバアレイ光源やバンドルファイバ光源を構成することができるので、本発明の露光装置のレーザ光源を構成するファイバ光源として特に好適である。

【0109】なお、上記の各合波レーザ光源をケーシング内に収納し、マルチモード光ファイバ130の出射端部をそのケーシングから引き出したレーザモジュールを構成することができる。

【0110】また、上記の実施の形態では、合波レーザ光源のマルチモード光ファイバの出射端に、コア径がマルチモード光ファイバと同一で且つクラッド径がマルチモード光ファイバより小さい他の光ファイバを結合してファイバアレイ光源の高輝度化を図る例について説明したが、例えば、クラッド径が125 $\mu$ m、80 $\mu$ m、60 $\mu$ m等のマルチモード光ファイバを、出射端に他の光ファイバを結合せずに使用してもよい。

【0111】[光量分布補正光学系] 上記の実施の形態では、露光ヘッドに1対の組合せレンズからなる光量分布補正光学系を用いている。この光量分布補正光学系は、光軸に近い中心部の光束幅に対する周辺部の光束幅の比が入射側に比べて出射側の方が小さくなるように各出射位置における光束幅を変化させて、光源からの平行光束をDMDに照射するとき、被照射面での光量分布が略均一になるように補正する。以下、この光量分布補正光学系の作用について説明する。

【0112】まず、図25(A)に示したように、入射光束と出射光束とで、その全体の光束幅(全光束幅)H0、H1が同じである場合について説明する。なお、図25(A)において、符号51、52で示した部分は、光量分布補正光学系における入射面および出射面を仮想的に示したものである。

【0113】光量分布補正光学系において、光軸Z1に近い中心部に入射した光束と、周辺部に入射した光束とのそれぞれの光束幅h0、h1が、同一であるものとする(h0=h1)。光量分布補正光学系は、入射側において同一の光束幅h0、h1であった光に対し、中心部の入射光束については、その光束幅h0を拡大し、逆に、周辺部の入射光束に対してはその光束幅h1を縮小するような作用を施す。すなわち、中心部の出射光束の幅h10と、周辺部の出射光束の幅h11とについて、 $h11 < h10$ となるようにする。光束幅の比率で表すと、出射側における中心部の光束幅に対する周辺部の光束幅の比「 $h11/h10$ 」が、入射側における比「 $h1/h0=1$ 」に比べて小さくなっている「 $(h11/h10) < 1$ 」。

【0114】このように光束幅を変化させることにより、通常では光量分布が大きくなっている中央部の光束を、光量の不足している周辺部へと生かすことができ、全体として光の利用効率を落とさずに、被照射面での光量分布が略均一化される。均一化の度合いは、例えば、有効領域内における光量ムラが30%以内、好ましくは

20%以内となるようにする。

【0115】このような光量分布補正光学系による作用、効果は、入射側と出射側とで、全体の光束幅を変える場合(図25(B)、(C))においても同様である。

【0116】図25(B)は、入射側の全体の光束幅 $H_0$ を、幅 $H_2$ に“縮小”して出射する場合( $H_0 > H_2$ )を示している。このような場合においても、光量分布補正光学系は、入射側において同一の光束幅 $h_0$ 、 $h_1$ であった光を、出射側において、中央部の光束幅 $h_1$ が周辺部に比べて大きくなり、逆に、周辺部の光束幅 $h_{11}$ が中心部に比べて小さくなるようにする。光束の縮小率で考えると、中心部の入射光束に対する縮小率を周辺部に比べて小さくし、周辺部の入射光束に対する縮小率を中心部に比べて大きくするような作用を施している。この場合にも、中心部の光束幅に対する周辺部の光束幅の比「 $H_{11}/H_{10}$ 」が、入射側における比「 $(h_{11}/h_0=1)$ 」に比べて小さくなる「 $(h_{11}/h_{10}) < 1$ 」。

【0117】図25(C)は、入射側の全体の光束幅 $H_0$ を、幅 $H_3$ に“拡大”して出射する場合( $H_0 < H_3$ )を示している。このような場合においても、光量分布補正光学系は、入射側において同一の光束幅 $h_0$ 、 $h_1$ であった光を、出射側において、中央部の光束幅 $h_1$ が周辺部に比べて大きくなり、逆に、周辺部の光束幅 $h_{11}$ が中心部に比べて小さくなるようにする。光束の拡大率で考えると、中心部の入射光束に対する拡大率を周辺部に比べて大きくし、周辺部の入射光束に対する拡大率を中心部に比べて小さくするような作用を施してい

る。この場合にも、中心部の光束幅に対する周辺部の光束幅の比「 $h_{11}/h_{10}$ 」が、入射側における比「 $(h_{11}/h_0=1)$ 」に比べて小さくなる「 $(h_{11}/h_{10}) < 1$ 」。

【0118】このように、光量分布補正光学系は、各射出位置における光束幅を変化させ、光軸 $Z_1$ に近い中心部の光束幅に対する周辺部の光束幅の比を入射側に比べて出射側の方が小さくなるようにしたので、入射側において同一の光束幅であった光が、出射側においては、中央部の光束幅が周辺部に比べて大きくなり、周辺部の光束幅は中心部に比べて小さくなる。これにより、中央部の光束を周辺部へと生かすことができ、光学系全体としての光の利用効率を落とさずに、光量分布の略均一化された光束断面を形成することができる。

【0119】次に、光量分布補正光学系として使用する1対の組合せレンズの具体的なレンズデータの1例を示す。この例では、光源がレーザアレイ光源である場合のように、出射光束の断面での光量分布がガウス分布である場合のレンズデータを示す。なお、シングルモード光ファイバの入射端に1個の半導体レーザを接続した場合には、光ファイバからの射出光束の光量分布がガウス分布になる。本実施の形態はこのような場合にも適用可能である。また、マルチモード光ファイバのコア径を小さくしてシングルモード光ファイバの構成に近付ける等により光軸に近い中心部の光量が周辺部の光量よりも大きい場合にも適用可能である。

【0120】下記表1に基本レンズデータを示す。

【0121】

【表1】

基本レンズデータ			
S i (面番号)	r i (曲率半径)	d i (面間隔)	N i (屈折率)
0 1	非球面	5.000	1.52811
0 2	$\infty$	50.000	
0 3	$\infty$	7.000	1.52811
0 4	非球面		

【0122】表1から分かるように、1対の組合せレンズは、回転対称の2つの非球面レンズから構成されている。光入射側に配置された第1のレンズの光入射側の面を第1面、光出射側の面を第2面とすると、第1面は非球面形状である。また、光出射側に配置された第2のレンズの光入射側の面を第3面、光出射側の面を第4面とすると、第4面が非球面形状である。

【0123】表1において、面番号 $S_i$ は $i$ 番目( $i=1\sim 4$ )の面の番号を示し、曲率半径 $r_i$ は $i$ 番目の面の曲率半径を示し、面間隔 $d_i$ は $i$ 番目の面と $i+1$ 番目の面との光軸上の面間隔を示す。面間隔 $d_i$ 値の単位はミリメートル(mm)である。屈折率 $N_i$ は $i$ 番目の面を備えた光学要素の波長405nmに対する屈折率の値を示す。

【0124】下記表2に、第1面及び第4面の非球面データを示す。

【0125】

【表2】

非球面データ		
	第1面	第4面
C	-1.4098E-02	-9.8506E-03
K	-4.2192E+00	-3.6253E+01
a 3	-1.0027E-04	-8.9980E-05
a 4	3.0591E-05	2.3060E-05
a 5	-4.5115E-07	-2.2860E-06
a 6	-8.2819E-09	8.7661E-08
a 7	4.1020E-12	4.4028E-10
a 8	1.2231E-13	1.3624E-12
a 9	5.3753E-16	3.3965E-15
a 10	1.6315E-18	7.4823E-18

【0126】上記の非球面データは、非球面形状を表す下記式(A)における係数で表される。

【0127】

【数1】

$$Z = \frac{C \cdot \rho^2}{1 + \sqrt{1 - K \cdot (C \cdot \rho)^2}} + \sum_{i=3}^{10} a_i \cdot \rho^i \quad \dots \dots (A)$$

【0128】上記式(A)において各係数を以下の通り定義する。

Z: 光軸から高さ $\rho$ の位置にある非球面上の点から、非球面の頂点の接平面(光軸に垂直な平面)に下ろした垂線の長さ(mm)

$\rho$ : 光軸からの距離(mm)

K: 円錐係数

C: 近軸曲率( $1/r$ ,  $r$ : 近軸曲率半径)

$a_i$ : 第 $i$ 次( $i=3 \sim 10$ )の非球面係数

表2に示した数値において、記号“E”は、その次に続く数値が10を底とした“べき指数”であることを示し、その10を底とした指数関数で表される数値が“E”の前の数値に乗算されることを示す。例えば、「1.0E-02」であれば、「 $1.0 \times 10^{-2}$ 」であることを示す。

【0129】図27は、上記表1及び表2に示す1対の組合せレンズによって得られる照明光の光量分布を示している。横軸は光軸からの座標を示し、縦軸は光量比(%)を示す。なお、比較のために、図26に、補正を行わなかった場合の照明光の光量分布(ガウス分布)を示す。図26及び図27から分かるように、光量分布補正光学系で補正を行うことにより、補正を行わなかった場合と比べて、略均一化された光量分布が得られている。これにより、露光ヘッドにおける光の利用効率を落とさずに、均一なレーザ光でムラなく露光を行うことができる。

【0130】[他の結像光学系] 上記の実施の形態では、露光ヘッドに使用するDMDの光反射側に、結像光学系として2組のレンズを配置したが、レーザ光を拡大して結像する結像光学系を配置してもよい。DMDにより反射される光束線の断面積を拡大することで、被露光面における露光エリア面積(画像領域)を所望の大きさに拡大することができる。

【0131】例えば、露光ヘッドを、図31(A)に示すように、DMD50、DMD50にレーザ光を照射する照明装置144、DMD50で反射されたレーザ光を

拡大して結像するレンズ系454、458、DMD50の各画素に対応して多数のマイクロレンズ474が配置されたマイクロレンズアレイ472、マイクロレンズアレイ472の各マイクロレンズに対応して多数のアパーチャ478が設けられたアパーチャアレイ476、アパーチャを通過したレーザ光を被露光面56に結像するレンズ系480、482で構成することができる。

【0132】この露光ヘッドでは、照明装置144からレーザ光が照射されると、DMD50によりオン方向に反射される光束線の断面積が、レンズ系454、458により数倍(例えば、2倍)に拡大される。拡大されたレーザ光は、マイクロレンズアレイ472の各マイクロレンズによりDMD50の各画素に対応して集光され、アパーチャアレイ476の対応するアパーチャを通過する。アパーチャを通過したレーザ光は、レンズ系480、482により被露光面56上に結像される。

【0133】この結像光学系では、DMD50により反射されたレーザ光は、拡大レンズ454、458により数倍に拡大されて被露光面56に投影されるので、全体の画像領域が広がる。このとき、マイクロレンズアレイ472及びアパーチャアレイ476が配置されていないければ、図31(B)に示すように、被露光面56に投影される各ビームスポットBSの1画素サイズ(スポットサイズ)が露光エリア468のサイズに応じて大きなものとなり、露光エリア468の鮮鋭度を表すMTF(Modulation Transfer Function)特性が低下する。

【0134】一方、マイクロレンズアレイ472及びアパーチャアレイ476を配置した場合には、DMD50により反射されたレーザ光は、マイクロレンズアレイ472の各マイクロレンズによりDMD50の各画素に対応して集光される。これにより、図31(C)に示すように、露光エリアが拡大された場合でも、各ビームスポットBSのスポットサイズを所望の大きさ(例えば、 $10 \mu\text{m} \times 10 \mu\text{m}$ )に縮小することができ、MTF特性の低下を防止して高精細な露光を行うことができる。なお、露光エリア468が傾いているのは、画素間の隙間

を無くす為にDMD50を傾けて配置しているからである。

【0135】また、マイクロレンズの収差によるビームの太りがあっても、アパーチャによって被露光面56上でのスポットサイズが一定の大きさになるようにビームを整形することができると共に、各画素に対応して設けられたアパーチャを通過させることにより、隣接する画素間でのクロストークを防止することができる。

【0136】更に、照明装置144に上記実施の形態と同様に高輝度光源を使用することにより、レンズ458からマイクロレンズアレイ472の各マイクロレンズに入射する光束の角度が小さくなるので、隣接する画素の光束の一部が入射するのを防止することができる。即ち、高消光比を実現することができる。

【0137】

【発明の効果】本発明の光造形装置は、高速造形を行うことができる、という効果を奏する。

【0138】また、光源に高輝度光源を用いる場合には、高精細な造形を行うことができる、という効果を奏する。

【図面の簡単な説明】

【図1】第1の実施の形態に係る光造形装置の外観を示す斜視図である。

【図2】第1の実施の形態に係る光造形装置のスキマの構成を示す斜視図である。

【図3】(A)は液面に形成される露光済み領域を示す平面図であり、(B)は各露光ヘッドによる露光エリアの配列を示す図である。

【図4】第1の実施の形態に係る光造形装置の露光ヘッドの概略構成を示す斜視図である。

【図5】(A)は図4に示す露光ヘッドの構成を示す光軸に沿った副走査方向の断面図であり、(B)は(A)の側面図である。

【図6】デジタルマイクロミラーデバイス(DMD)の構成を示す部分拡大図である。

【図7】(A)及び(B)はDMDの動作を説明するための説明図である。

【図8】(A)及び(B)は、DMDを傾斜配置しない場合と傾斜配置する場合とで、露光ビームの配置及び走査線を比較して示す平面図である。

【図9】(A)はファイバアレイ光源の構成を示す斜視図であり、(B)は(Aの部分拡大図であり、(C)及び(D)はレーザ出射部における発光点の配列を示す平面図である。

【図10】マルチモード光ファイバの構成を示す図である。

【図11】合波レーザ光源の構成を示す平面図である。

【図12】レーザモジュールの構成を示す平面図である。

【図13】図12に示すレーザモジュールの構成を示す

側面図である。

【図14】図12に示すレーザモジュールの構成を示す部分側面図である。

【図15】(A)及び(B)は、従来の露光ヘッドにおける焦点深度と第1の実施の形態に係る光造形装置の露光ヘッドにおける焦点深度との相違を示す光軸に沿った断面図である。

【図16】(A)及び(B)は、DMDの使用領域の例を示す図である。

【図17】(A)はDMDの使用領域が適正である場合の側面図であり、(B)は(A)の光軸に沿った副走査方向の断面図である。

【図18】スキマによる1回の走査で光硬化性樹脂の液面全面を露光する露光方式を説明するための平面図である。

【図19】(A)及び(B)はスキマによる複数回の走査で光硬化性樹脂の液面全面を露光する露光方式を説明するための平面図である。

【図20】レーザアレイの構成を示す斜視図である。

【図21】(A)はマルチキャビティレーザの構成を示す斜視図であり、(B)は(A)に示すマルチキャビティレーザをアレイ状に配列したマルチキャビティレーザアレイの斜視図である。

【図22】合波レーザ光源の他の構成を示す平面図である。

【図23】合波レーザ光源の他の構成を示す平面図である。

【図24】(A)は合波レーザ光源の他の構成を示す平面図であり、(B)は(A)の光軸に沿った断面図である。

【図25】光量分布補正光学系による補正の概念についての説明図である。

【図26】光源がガウス分布で且つ光量分布の補正を行わない場合の光量分布を示すグラフである。

【図27】光量分布補正光学系による補正後の光量分布を示すグラフである。

【図28】従来のレーザ走査方式の積層造形装置の構成を示す斜視図である。

【図29】従来の可動ミラー方式の積層造形装置の構成を示す斜視図である。

【図30】(A)は露光領域の露光パターンの1例を示す平面図であり、(B)は(A)の第1のグループの画素を露光した後の状態を示す斜視図であり、(C)は(A)の第2のグループの画素を露光した後の状態を示す斜視図である。

【図31】(A)は結合光学系の異なる他の露光ヘッドの構成を示す光軸に沿った断面図であり、(B)はマイクロレンズアレイ等を使用しない場合に被露光面に投影される光像を示す平面図であり、(C)はマイクロレンズアレイ等を使用した場合に被露光面に投影される光像



を示す平面図である。

【符号の説明】

LD1～LD7 GaN系半導体レーザー

10 ヒートブロック

11～17 コリメータレンズ

20 集光レンズ

30 マルチモード光ファイバ

50 デジタル・マイクロミラー・デバイス(DMD)

53 反射光像(露光ビーム)

54、58 レンズ系

56 走査面(被露光面)

64 レーザモジュール

66 ファイバアレイ光源

68 レーザ出射部

73 組合せレンズ

150 光硬化性樹脂

152 昇降ステージ

156 容器

158 ガイド

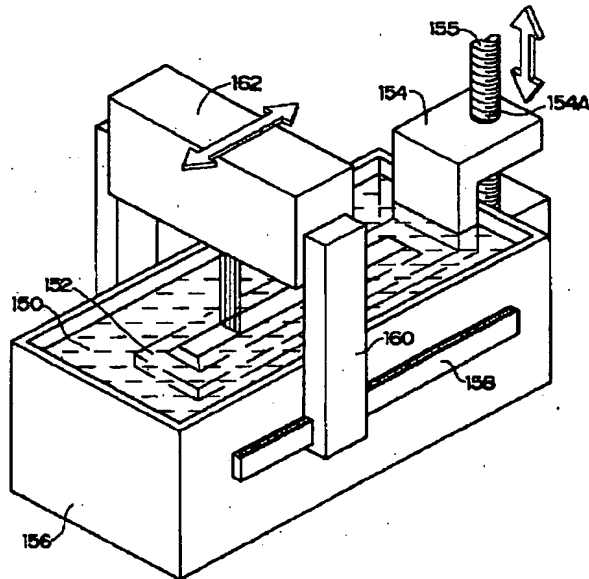
162 スキャナ

166 露光ヘッド

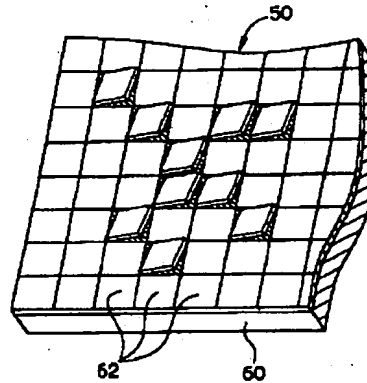
168 露光エリア

170 露光済み領域

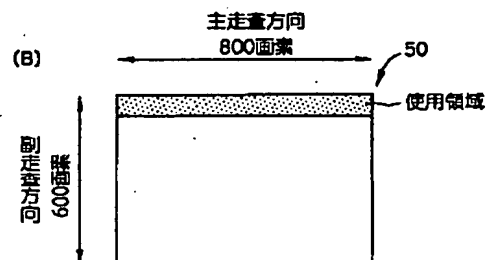
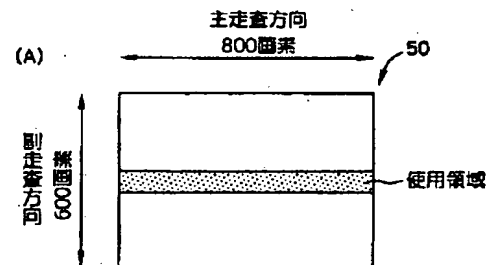
【図1】



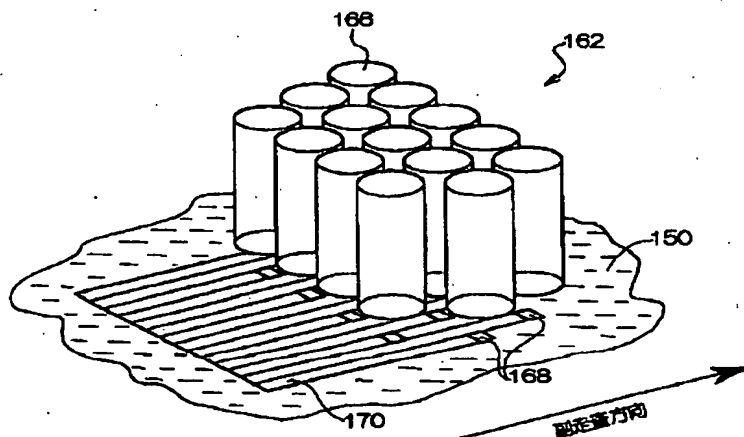
【図6】



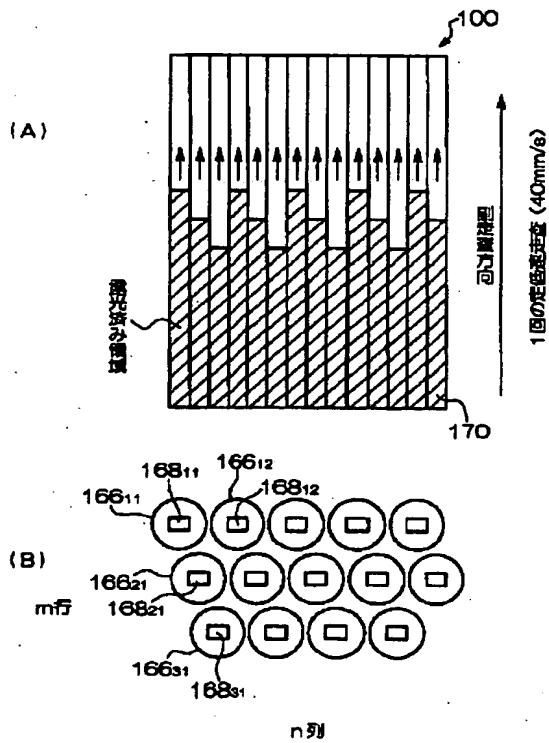
【図16】



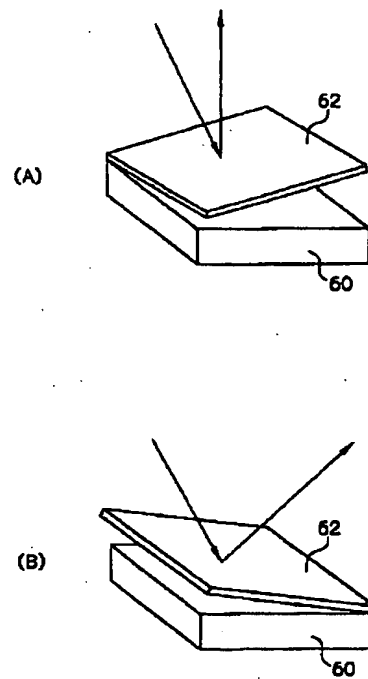
【図2】



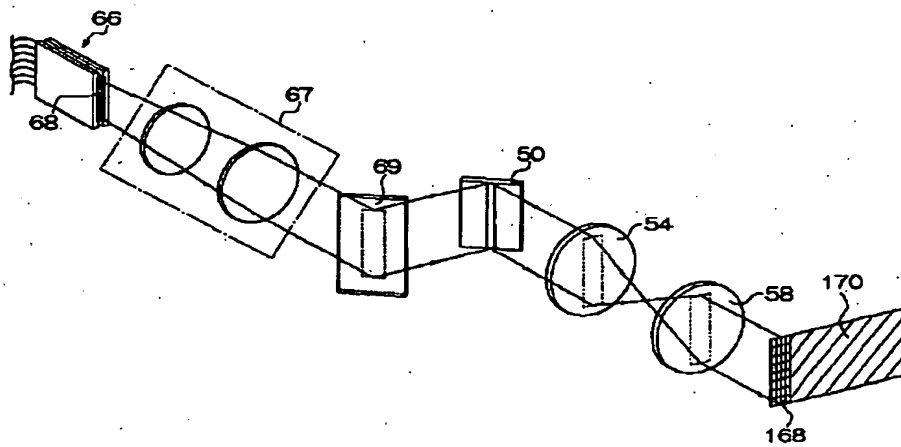
【図3】



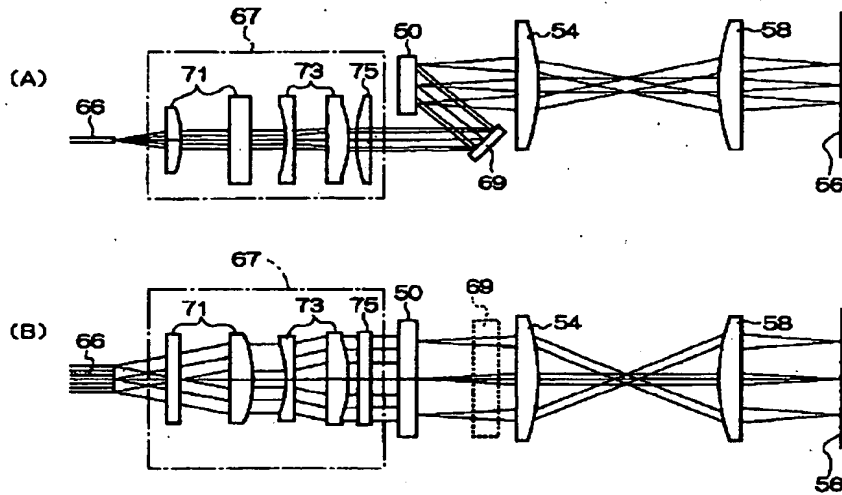
【図7】



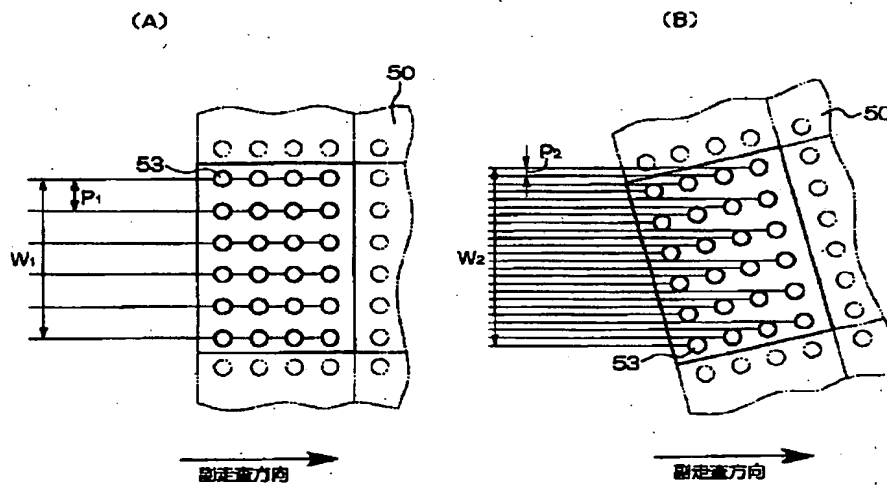
【図4】



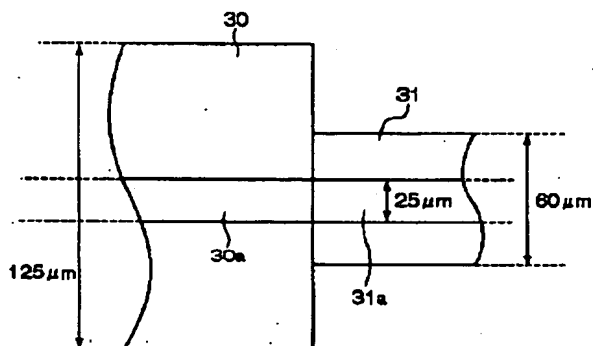
【図5】



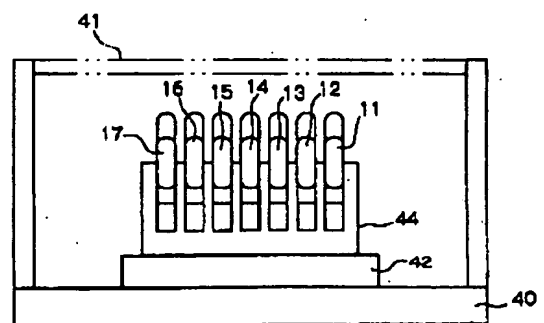
【図8】



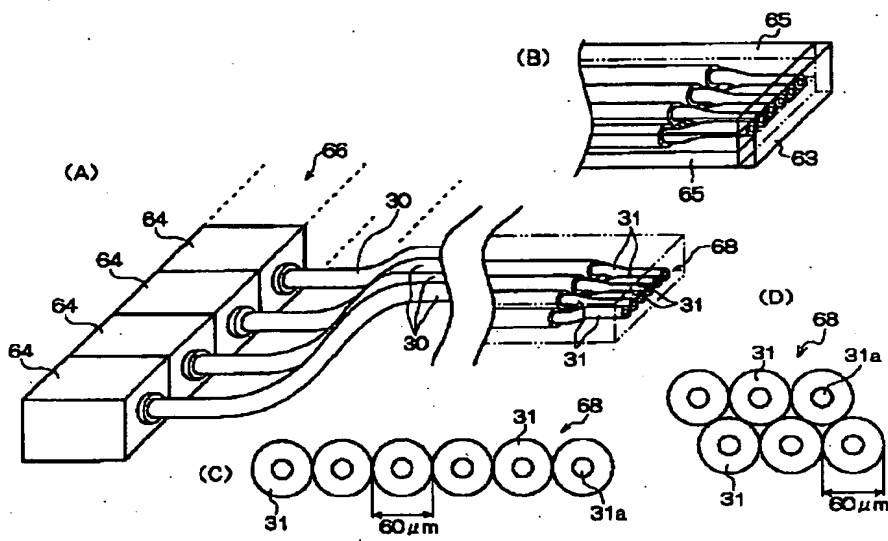
【図10】



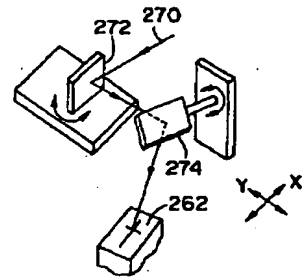
【図14】



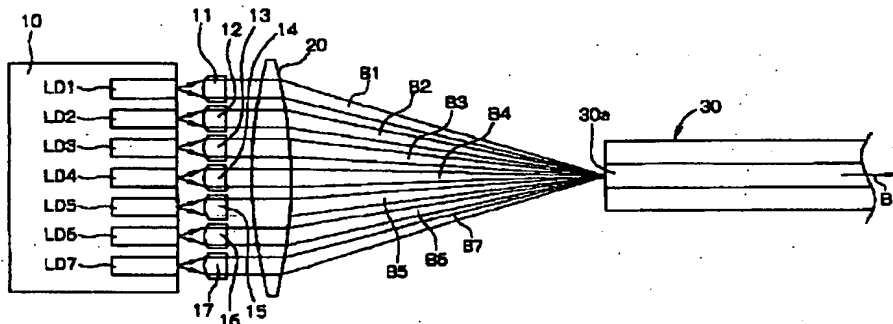
【図9】



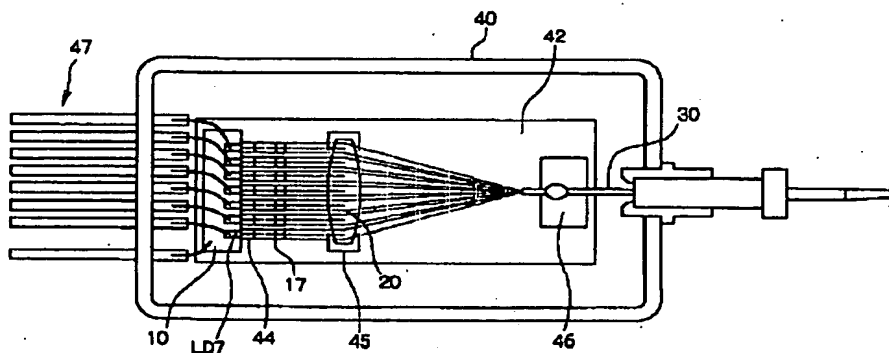
【図29】



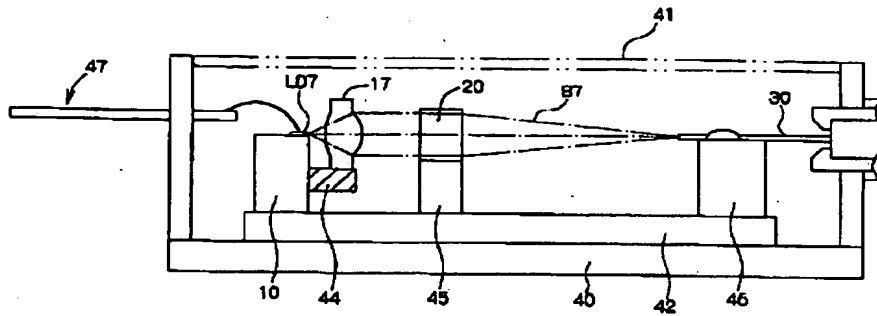
【図11】



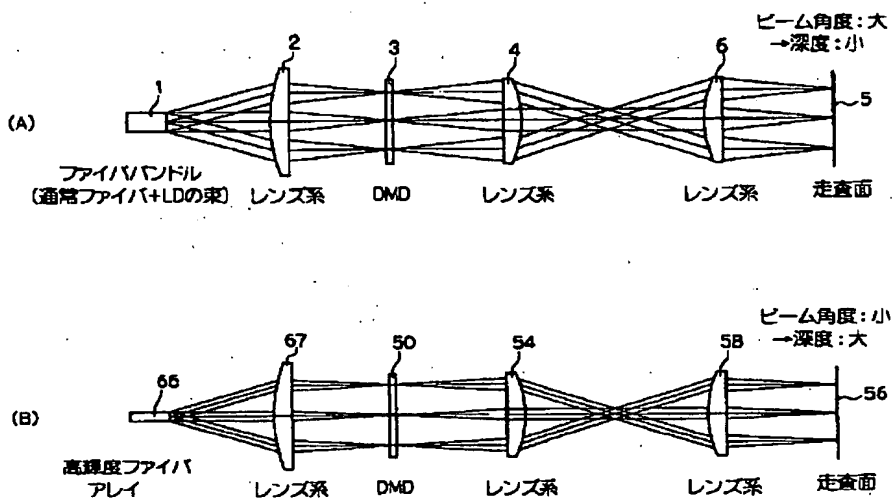
【図12】



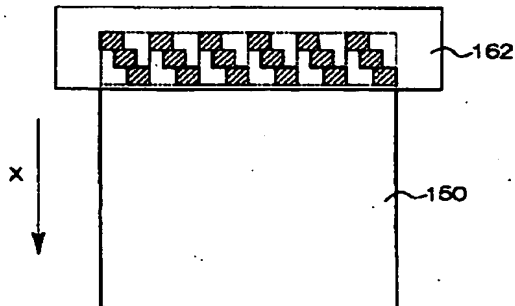
【図13】



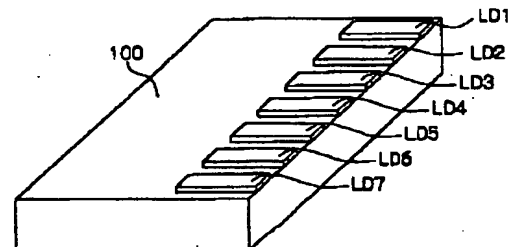
【図15】



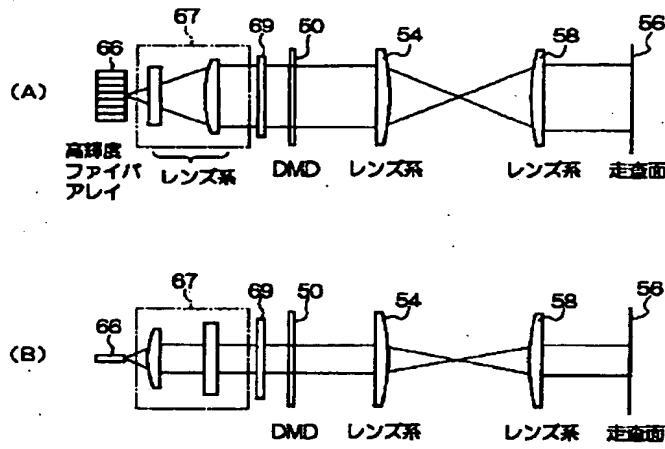
【図18】



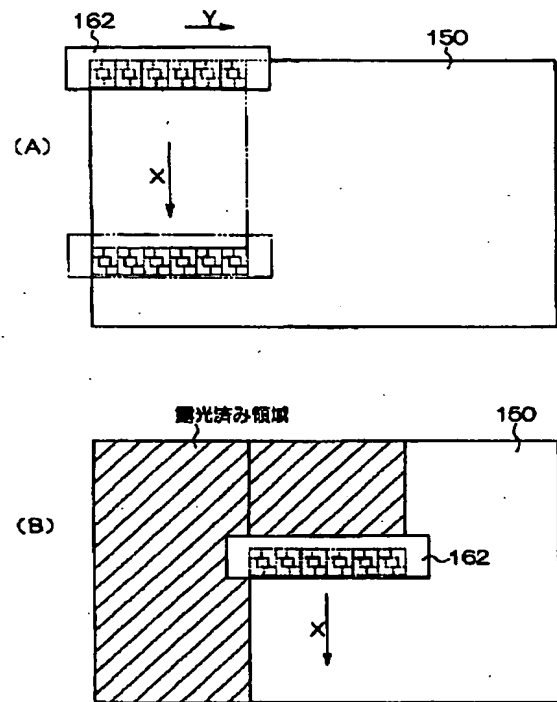
【図20】



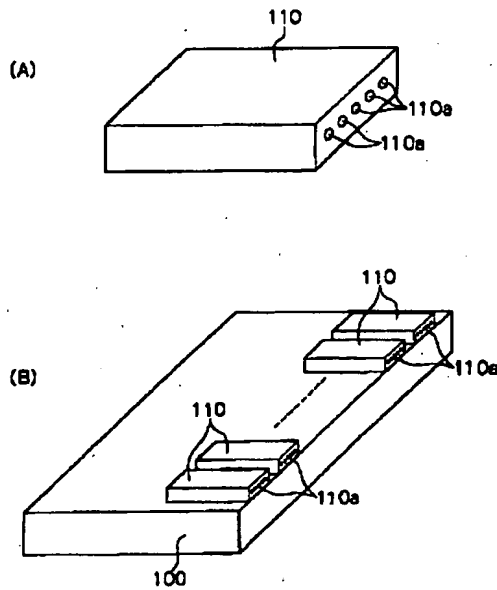
【図17】



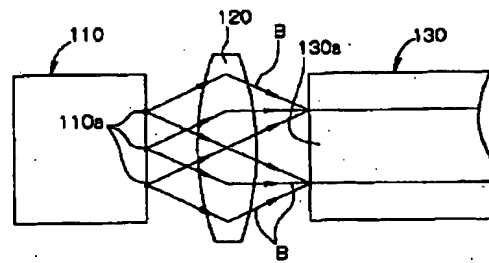
【図19】



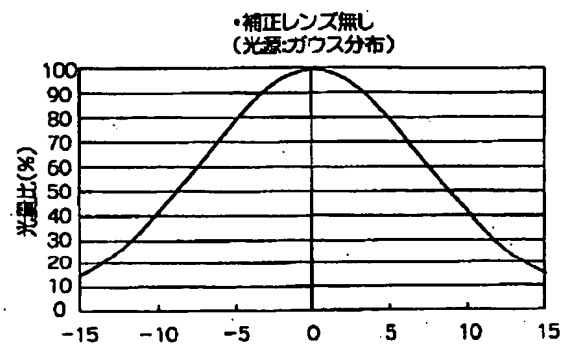
【図21】



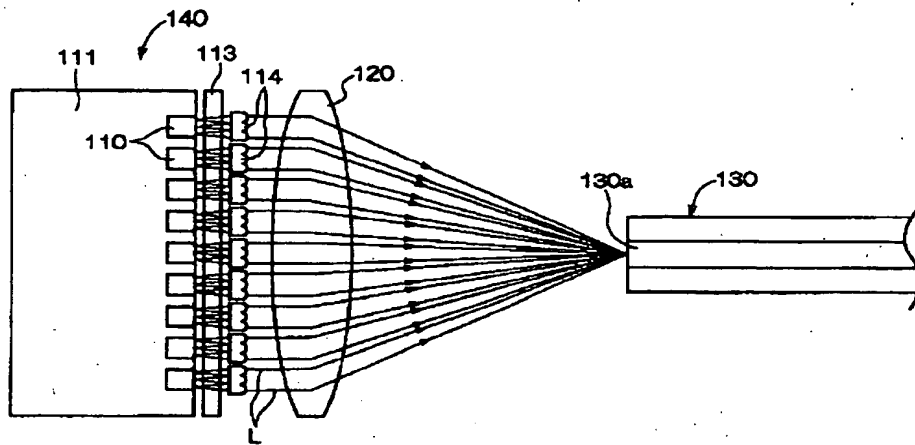
【図22】



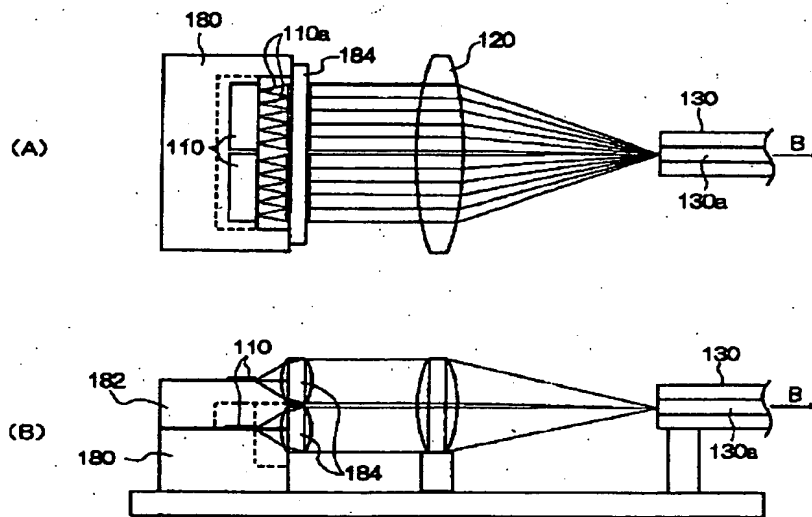
【図26】



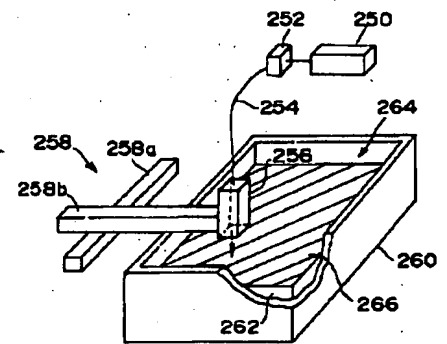
【図23】



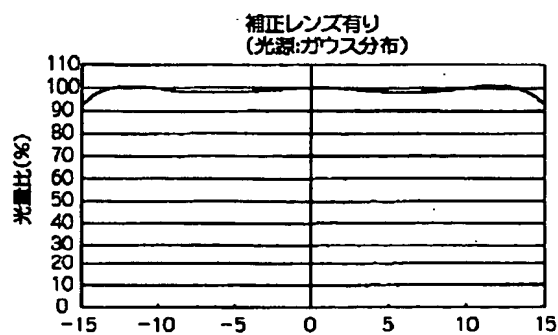
【図24】



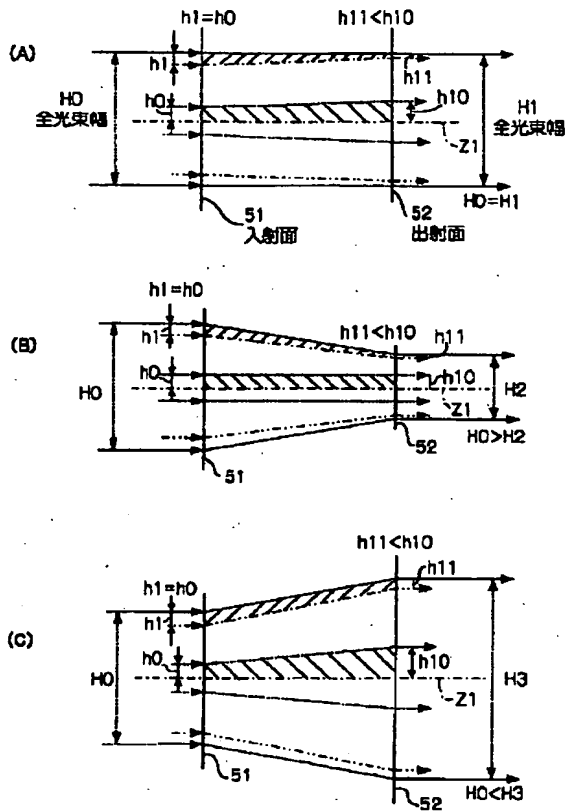
【図28】



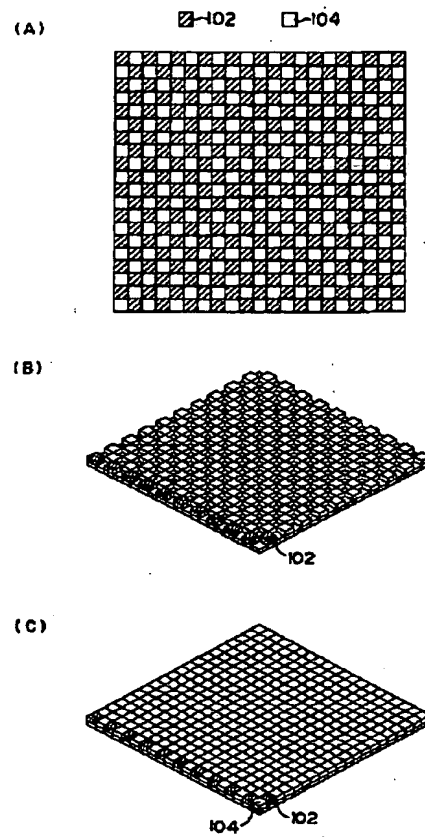
【図27】



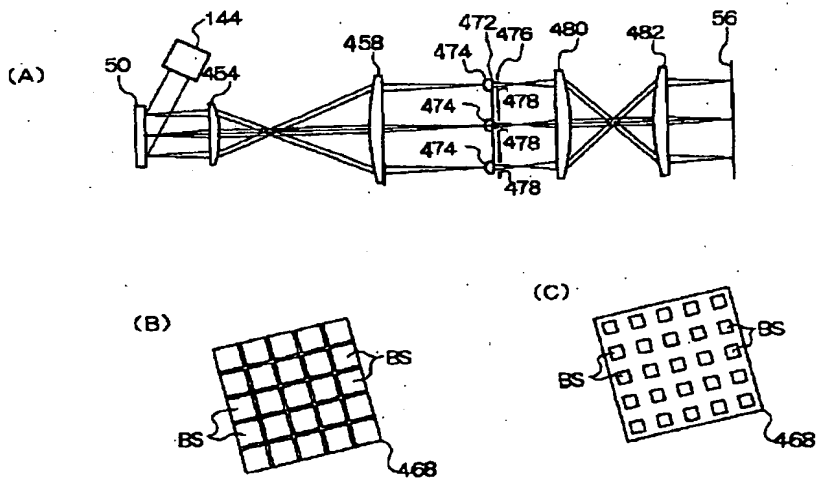
【図25】



【図30】



【図31】





フロントページの続き

(72)発明者 岡崎 洋二

神奈川県足柄上郡開成町宮台798番地 富  
士写真フイルム株式会社内

(72)発明者 石川 弘美

神奈川県足柄上郡開成町宮台798番地 富  
士写真フイルム株式会社内

(72)発明者 藤井 武

神奈川県足柄上郡開成町宮台798番地 富  
士写真フイルム株式会社内

(72)発明者 山川 博充

埼玉県さいたま市植竹町1丁目324番地  
富士写真光機株式会社内

Fターム(参考) 4F213 AA44 AC05 WL03 WL13 WL23

WL37 WL43 WL50 WL75 WL76

WL80 WL85 WL87 WL92 WL96

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2003-340923

(43)Date of publication of application : 02.12.2003

(51)Int.Cl.

B29C 67/00

(21)Application number : 2002-149885

(71)Applicant : FUJI PHOTO FILM CO LTD  
FUJI PHOTO OPTICAL CO LTD

(22)Date of filing : 23.05.2002

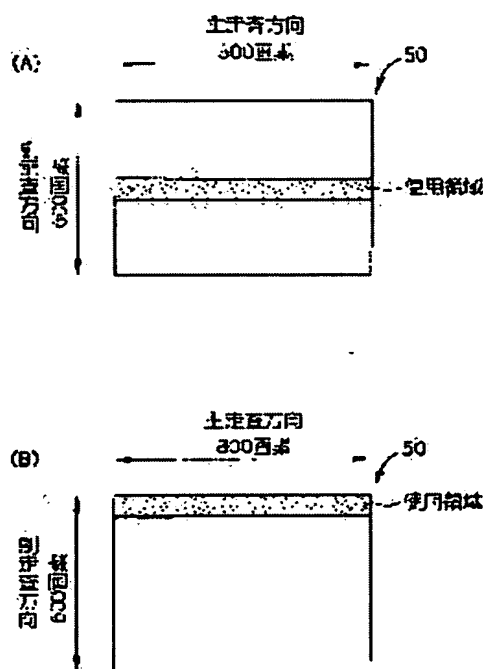
(72)Inventor : NAGANO KAZUHIKO  
OKAZAKI YOJI  
ISHIKAWA HIROMI  
FUJII TAKESHI  
YAMAKAWA HIROMITSU

## (54) OPTICAL-FORMING APPARATUS

## (57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide an optical forming apparatus capable of forming at a high speed and to provide a light forming apparatus capable of forming at a high definition.

SOLUTION: Though a micromirror line, wherein 800 pieces of micromirrors are arranged in a main scanning direction, is arranged by 600 sets in a subscanning direction for a DMD 50 to be used in an exposure head, control is carried out so that only a part of the micromirror line (for example, 800 pieces  $\times$  100 lines) is driven with a controller. Since there is a limit in a data processing speed of the DMD 50 and a modulating speed per line is determined in proportion to the number of pixels to be used, the modulating speed line is increased by using only a part of the micromirror line.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

**\* NOTICES \***

Japan Patent Office is not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.

2.\*\*\*\* shows the word which can not be translated.

3.In the drawings, any words are not translated.

---

**CLAIMS**

---

[Claim(s)]

[Claim 1] Mitsuzo form equipment equipped with an exposure arm head characterized by providing the following, and a migration means to which relative displacement of this exposure arm head is carried out to an oil level of said photoresist A molding tub which holds a photoresist Susceptor for supporting a molding object prepared possible [ rise and fall ] in this molding tub Laser equipment which irradiates a laser beam A space light modulation element which modulates a laser beam by which the pixel section of a large number from which a light modulation condition changes according to a control signal respectively was arranged in the shape of two-dimensional on a substrate, and was irradiated from said laser equipment, Optical system which carries out image formation of a control means controlled by control signal which generated each of two or more pixel sections of the number fewer than all the numbers of the pixel section arranged on said substrate according to exposure information, and the laser beam modulated in each pixel section to an oil level of a photoresist held in said molding tub

[Claim 2] The pixel section controlled by said control means is Mitsuzo form equipment according to claim 1 which is the pixel section contained to a field where lay length corresponding to the predetermined direction is longer than lay length which intersects said predetermined direction.

[Claim 3] The Mitsuzo form equipment according to claim 1 or 2 constituted from the fiber bundle light source arranged the shape of the fiber array light source or a bundle by which it had two or more fiber light sources which carry out outgoing radiation of the laser beam by which incidence was carried out from an incidence edge of an optical fiber in said laser equipment from the outgoing radiation edge, and each of a point in an outgoing radiation edge of two or more of these fiber light sources emitting light was arranged in the shape of an array.

[Claim 4] Mitsuzo form equipment according to claim 3 as said optical fiber, a core diameter is uniform, and using an optical fiber with a diameter of a clad of an outgoing radiation edge smaller than a diameter of a clad of an incidence edge.

[Claim 5] The Mitsuzo form equipment according to claim 3 or 4 which constituted said fiber light source from any one fiber light source of following the (1) - (3).

A fiber characterized by providing the following (1) Two or more semiconductor laser One optical fiber Condensing optical system which a laser beam by which outgoing radiation was carried out from each of two or more of said semiconductor laser is condensed [ optical system ], and combines a condensing beam with an incidence edge of said optical fiber The condensing optical-system light source which semiconductor laser of the \*\*\*\* fiber light source (2) and (1) condenses a laser beam by which outgoing radiation was carried out to multi-cavity laser equipped with a point of fiber light source (3) plurality which is multi-cavity laser equipped with two or more points emitting light emitting light, and one optical fiber from each of two or more of said points emitting light, and makes combine a condensing beam with an incidence edge of said optical fiber

---

[Translation done.]

## \* NOTICES \*

Japan Patent Office is not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.

2.\*\*\*\* shows the word which can not be translated.

3.In the drawings, any words are not translated.

## DETAILED DESCRIPTION

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[The technical field to which invention belongs] This invention relates to the Mitsuzo form equipment which exposes a photoresist about Mitsuzo form equipment by the light beam especially modulated by the space light modulation element according to image data, and molds a three-dimension model.

[0002]

[Description of the Prior Art] In recent years, the rapid prototyping & manufacturing which exposes a photoresist for the three-dimension configuration created by three dimensional CAD by the virtual space on a computer by the light beam with the spread of three-dimensional-CAD (Computer Aided Design) systems based on CAD data, and molds a three-dimension model is used. In this rapid prototyping & manufacturing, slice CAD data at intervals of predetermined on a computer, and create two or more cross-section data, and based on each cross-section data, scan the surface of a liquefied photoresist by the laser beam, it is made to harden in the shape of a layer, the laminating of the resin hardening layer is carried out one by one, and a three-dimension model is molded. As the Mitsuzo form method, the liquefied photoresist is stored in the tub of an upper part open sand mold, and the free oil-level method which carries out the laminating of the resin hardening layer is learned widely, carrying out sequential settlement of the molding table arranged near the oil level of a photoresist from the free oil level of resin.

[0003] Conventionally, as shown in the base, the present condition and the trouble of "Marutani [ Yoji ]:rapid prototyping & manufacturing, mold technology, volume [ 7th ] No. 10, pp 18-23, and 1992", there were what scans with a laser plotter method, and a thing which scans with a movable mirror method in the Mitsuzo form equipment used for this rapid prototyping & manufacturing.

[0004] The Mitsuzo form equipment by the laser plotter method is shown in drawing 28 . With this equipment, the laser beam oscillated from the laser light source 250 reaches XY plotter 256 through the optical fiber 254 equipped with the shutter 252, and is irradiated by the oil level 266 of the photoresist 262 in a container 260 from XY plotter 256. Moreover, the location of the direction of X of XY plotter 256 and the direction of Y is controlled by XY positioning device 258 equipped with X positioning device 258a and Y positioning device 258b. Therefore, the photoresist 262 of the predetermined portion of an oil level 266 can be stiffened by carrying out on-off control of the laser beam irradiated from XY plotter 256 by the shutter 252 according to cross-section data, moving XY plotter 256 in the direction of X, and the direction of Y.

[0005] However, with the Mitsuzo form equipment by the laser plotter method, there is a problem that there is a limit in shutter speed or the passing speed of a plotter, and molding takes long duration.

[0006] Next, the Mitsuzo form equipment by the movable mirror method using the conventional galvanometer mirror is shown in drawing 29 . With this equipment, it is reflected by the X-axis rotation mirror 272 and the Y-axis rotation mirror 274, and a laser beam 270 is irradiated by the photoresist 262. The X-axis rotation mirror 272 controls the location of the direction of Y of an exposure location by the Y-axis rotation mirror 274 rotating the X-axis for the location of the

direction of X of an exposure location as the axis of rotation by rotating the Z-axis as the axis of rotation. Compared with a laser plotter method, a scan speed can be raised by this movable mirror method.

[0007] However, also in the Mitsuzo form equipment by the movable mirror method, even if it performs rapid scanning of 2 - 12 m/s in order to scan at a minute laser spot for example, molding -- molding of the three-dimension model of a 10-centimeter cube degree takes no less than 8 - 24 hours time amount -- has taken long duration. Moreover, since a laser beam 270 is reflected only when incidence is carried out to the Y-axis rotation mirror 274 at an angle of a predetermined range, an exposure field is limited. Then, in order to extend an exposure field, when the Y-axis rotation mirror 274 is arranged in the high location distant from the photoresist 262, the path of a laser spot becomes large, positioning accuracy worsens, and there is a problem that molding precision falls. Moreover, although an exposure range is expanded also when angle of rotation of the Y-axis rotation mirror 274 is enlarged, positioning accuracy worsens similarly and a pincushion error increases. Furthermore, there is also a problem with complicated adjustment of optical system, such as distortion amendment and optical-axis adjustment, that optical system is complicated and the whole equipment is enlarged in the Mitsuzo form equipment using a galvanometer mirror.

[0008] Moreover, as a laser light source, the ultraviolet-rays laser light source of high power is used, also in the Mitsuzo form equipment by which method, in addition to the maintenance of exchange of a tube etc. being troublesome, it is expensive and raises the price of Mitsuzo form equipment, although gas laser, such as argon laser, or the solid state laser by THG (the 3rd higher harmonic) was common, incidental facilities, such as a chiller for cooling, are required for gas laser, and the whole equipment enlarges it conventionally. In THG solid state laser, it was the pulse operation of a Q switch, and repeat speed was slow and unsuitable to high-speed exposure. Moreover, in order to use THG light, in addition to the ability not to carry out a high increase in power of the wavelength conversion efficiency bad, the thing of high power had to be used as excitation semiconductor laser, and cost was very high.

[0009] In view of this problem, the Mitsuzo form equipment which carries out multiplex exposure is proposed [ pixel ] by JP,11-138645,A according to two or more preparations and two or more light sources in the light source which can irradiate an exposure field at the spot of bigger size than a single pixel. With this equipment, since multiplex exposure of the pixel is carried out according to two or more light sources, since the output of each light source may be small, it can use cheap light emitting diode (LED) as the light source.

[0010] However, with Mitsuzo form equipment given in JP,11-138645,A, there is also a problem that actuation has much futility in order to be unable to use it for high definition molding since the spot size of each light source is larger than a single pixel, and to carry out multiplex exposure of the pixel according to two or more light sources, and molding takes long duration. Moreover, there is also a problem that the exposure section is enlarged because the number of the light sources increases. Furthermore, even if it carries out multiplex exposure with the output quantity of light of LED, there is also a possibility that sufficient resolution may not be obtained.

[0011] Accomplishing this invention in view of the trouble of the above-mentioned conventional technology, the purpose of this invention is to offer the Mitsuzo form equipment in which high-speed molding is possible. Other purposes of this invention are to offer the Mitsuzo form equipment in which high definition molding is possible.

[0012]

[Means for Solving the Problem] In order to attain the above-mentioned purpose the Mitsuzo form equipment of this invention A molding tub which holds a photoresist, and susceptor for supporting a molding object prepared possible [ rise and fall ] in this molding tub, Laser equipment which irradiates a laser beam, and a space light modulation element which modulates a laser beam by which the pixel section of a large number from which a light modulation condition changes according to a control signal respectively was arranged in the shape of two-dimensional on a substrate, and was irradiated from said laser equipment, A control means controlled by control signal which generated each of two or more pixel sections of the number

fewer than all the numbers of the pixel section arranged on said substrate according to exposure information. It is characterized by having an exposure arm head including optical system which carries out image formation of the laser beam modulated in each pixel section to an oil level of a photoresist held in said molding tub, and a migration means to which relative displacement of this exposure arm head is carried out to an oil level of said photoresist.

[0013] With the Mitsuzo form equipment of this invention, while carrying out image formation of the laser beam modulated in each pixel section of a space light modulation element of an exposure arm head to an oil level of a photoresist held in said molding tub, scan exposure of the oil level of a photoresist held in a molding tub is carried out by carrying out relative displacement of this exposure arm head to an oil level of said photoresist with a migration means. Exposed resin is hardened and a hardening resin layer is formed. After carrying out 1 stratification of the hardening resin layer, in order to support a molding object, susceptor prepared in a molding tub is dropped, the new resin surface is formed, and the following hardening resin layer is formed similarly. Thus, the laminating of a repeat and the hardening resin layer is carried out for hardening of resin, and descent of susceptor one by one, and a three-dimension model is molded.

[0014] In the Mitsuzo form equipment of this invention, it controls by control signal which generated each of two or more pixel sections of the number fewer than all the numbers of the pixel section arranged on the substrate about a space light modulation element of an exposure arm head according to exposure information. That is, a part of pixel sections are controlled, without controlling all of the pixel sections arranged by substrate. For this reason, the number of the pixel section to control decreases and it becomes shorter than a case where a transfer rate of a control signal transmits a control signal of all the pixel sections. By this, a modulation rate can be made quick and high-speed molding is attained.

[0015] As for the pixel section controlled by said control means, in above Mitsuzo form equipment, it is desirable that it is the pixel section contained to a field where lay length corresponding to the predetermined direction is longer than lay length which intersects said predetermined direction. By using the pixel section of a long field in the array direction of a point of laser equipment emitting light, the number of exposure arm heads to be used can be reduced.

[0016] Moreover, in above Mitsuzo form equipment, it can have two or more fiber light sources which carry out outgoing radiation of the laser beam by which incidence was carried out from an incidence edge of an optical fiber in said laser equipment from the outgoing radiation edge, and each of a point in an outgoing radiation edge of two or more of these fiber light sources emitting light can consist of the fiber array light sources arranged-dimensional [ 1 ] or in the shape of a two dimensional array. Moreover, each of a point in an outgoing radiation edge of two or more of these fiber light sources emitting light may consist of the fiber bundle light sources arranged in the shape of a bundle. A high increase in power can be attained by array-ization or bundle-izing. As said optical fiber, a core diameter is uniform and it is desirable that a diameter of a clad of an outgoing radiation edge uses an optical fiber smaller than a diameter of a clad of an incidence edge.

[0017] A multiplexing laser light source which it multiplexs [ laser light source ] and carries out incidence of the laser beam to an optical fiber as each fiber light source which constitutes the fiber array light source etc. is desirable. High brightness and high power can be obtained by considering as a multiplexing laser light source. Moreover, in order to obtain the same optical output, there are few numbers of an array-ized optical fiber, they end, and are low cost. Furthermore, since there are few numbers of an optical fiber, a luminescence field at the time of array-izing becomes still smaller (high brightness is formed). a case where a space light modulation element is used partially -- high, by using the brightness fiber array light source and the fiber bundle light source, a laser beam can be irradiated efficiently at a use portion, and a laser beam can be irradiated by the Takamitsu density. Thereby, a high speed and high definition exposure, and molding are attained. For example, molding of a detailed configuration of 1-micrometer order is also possible.

[0018] for example, a laser beam by which outgoing radiation was carried out to two or more semiconductor laser, two or more semiconductor laser, and one optical fiber from each of two or

more of said semiconductor laser in the fiber light source is condensed, and it can come out with condensing optical system which combines a condensing beam with an incidence edge of said optical fiber, and can constitute. moreover, a laser beam by which outgoing radiation was carried out to multi-cavity laser equipped with two or more points emitting light and one optical fiber from each of two or more of said points emitting light in the fiber light source is condensed, and it may come out with condensing optical system which combines a condensing beam with an incidence edge of said optical fiber, and you may constitute. Furthermore, a laser beam by which outgoing radiation was carried out from each of a point of two or more multi-cavity laser emitting light is condensed, and you may combine with one optical fiber.

[0019] A liquid-crystal shutter array from which a liquid crystal cell of a digital micro mirror device (DMD) with which a micro mirror of a large number which can change an angle of a reflector was arranged in the shape of two-dimensional, and was respectively constituted on a substrate as a space modulation element used for above Mitsuzo form equipment according to a control signal, and a large number which can intercept the transmitted light according to a control signal respectively was arranged in the shape of two-dimensional and which it consisted of on a substrate can use. By exposing by many channels using a space light modulation element equipped with much pixel sections like DMD, power distributes and heat distortion is prevented.

[0020] As laser equipment used for above Mitsuzo form equipment, what irradiates a laser beam with a wavelength of 350-450nm is desirable. For example, laser equipment which irradiates a laser beam with a wavelength of 350-450nm can consist of using GaN system semiconductor laser for semiconductor laser. A rate of light absorption of a photoresist can be made to increase sharply by using a laser beam with a wavelength of 350-450nm compared with a case where a laser beam of an infrared wavelength field is used. Since a laser beam with a wavelength of 350-450nm is short wavelength, its photon energy is large, and changing into heat energy is easy. Thus, a laser beam with a wavelength of 350-450nm has a large rate of light absorption, and since conversion to heat energy is easy, it can perform hardening of a photoresist, i.e., molding, at a high speed. A wavelength range region of a laser beam has desirable 350-420nm. Wavelength of 405nm is desirable at especially a point of using low cost GaN system semiconductor laser.

[0021] In addition, above Mitsuzo form equipment can be constituted as Mitsuzo form equipment of a multi-head method equipped with two or more exposure arm heads. Improvement in the speed of molding is further attained by forming a multi-arm head.

[0022]

[Embodiment of the Invention] Hereafter, the gestalt of operation of this invention is explained to details with reference to a drawing.

(Gestalt of the 1st operation)

As the Mitsuzo form equipment concerning the gestalt of operation of [configuration of Mitsuzo form equipment] this invention is shown in drawing 1, the upper part is equipped with the container 156 which carried out the opening, and the liquefied photoresist 150 is held in the container 156. Moreover, in the container 156, the plate-like rise-and-fall stage 152 is arranged, and this rise-and-fall stage 152 is supported by the supporter 154 arranged out of a container 156. Male screw section 154A is prepared in the supporter 154, and the leading screw 155 by which this male screw section 154A was made pivotable with the drive motor which is not illustrated is screwed in it. The rise-and-fall stage 152 goes up and down with rotation of this leading screw 155.

[0023] In the oil-level upper part of the photoresist 152 held in the container 156, the box-like scanner 162 turns the longitudinal direction in the direction of a short hand of a container 156, and is arranged. The scanner 162 is supported by two support arms 160 attached in the both-sides side of the direction of a short hand. In addition, the scanner 162 is connected to the controller which controls this and which is not illustrated.

[0024] Moreover, the guide 158 prolonged in the direction of vertical scanning is respectively formed in the both-sides side of the longitudinal direction of a container 156. the lower limit section of two support arms 160 -- this guide 158 -- the direction of vertical scanning -- meeting -- a round trip -- it is attached movable. in addition, the driving gear which is not in this



Mitsuzo form equipment a drawing example for driving a scanner 162 along with a guide 158 with the support arm 160 is formed.

[0025] The scanner 162 is equipped with the exposure arm head 166 of plurality (for example, 14 pieces) arranged so that the shape of an abbreviation matrix shown in drawing 2 (for example, three-line five trains). In this example, four exposure arm heads 166 have been arranged to the 3rd line by relation with the width of face of the direction of a short hand of a container 156. In addition, when each exposure arm head arranged by eye n train of the m-th line is shown, it is written as exposure head 166mn.

[0026] The exposure area 168 by the exposure arm head 166 has the shape of a rectangle which uses the direction of vertical scanning as a shorter side. Therefore, the band-like exposed field (hardening field) 170 is formed in the oil level of a photoresist 152 every exposure arm head 166 with migration of a scanner 162. In addition, when the exposure area by each exposure arm head arranged by eye n train of the m-th line is shown, it is written as exposure area 168mn.

[0027] Moreover, as shown in drawing 3 (A) and (B), each of the exposure arm head of each line arranged in the shape of Rhine is predetermined-gap(the gestalt of this operation natural-number-twice of the long side of exposure-area, twice )-shifted in the array direction, and is arranged in it so that the band-like exposed field 170 may be located in a line that there is no crevice in the direction of vertical scanning, and the direction which intersects perpendicularly. For this reason, the portion which cannot be exposed between the exposure area 16811 of the 1st line and the exposure area 16812 can be exposed by the exposure area 16821 of the 2nd line, and the exposure area 16831 of the 3rd line.

[0028] The exposure arm head 16611 - 166mn(s) of each are equipped with the digital micro mirror device (DMD) 50 as a space light modulation element which modulates the light beam by which incidence was carried out for every pixel according to image data, as shown in drawing 4 , drawing 5 (A), and (B). This DMD50 is connected to the controller equipped with the data-processing section and a mirror drive control section which is not illustrated. The control signal which carries out drive control of each micro mirror in the field which should control DMD50 by the data-processing section of this controller every exposure arm head 166 based on the inputted image data is generated. In addition, about the field which should be controlled, it mentions later. Moreover, based on the control signal generated in the image-data-processing section, the angle of the reflector of each micro mirror of DMD50 is controlled by the mirror drive control section every exposure arm head 166. In addition, if attached to control of the angle of a reflector, it mentions later.

[0029] The mirror 69 which turns to DMD50 the laser beam which penetrated the lens system 67 which amends the laser beam by which outgoing radiation was carried out from the fiber array light source 66 which equipped the optical incidence side of DMD50 with the laser outgoing radiation section in which the outgoing radiation edge (point emitting light) of an optical fiber was arranged by the single tier along the direction of a long side of the exposure area 168 and the corresponding direction, and the fiber array light source 66, and is made to condense on DMD, and the lens system 67, and is reflected is arranged.

[0030] The lens system 67 consists of a lens 71 which carries out parallel Guanghua of the laser beam by which outgoing radiation was carried out from the fiber array light source 66, one pair of combination lenses 73 amended so that the quantity of light distribution of a laser beam by which parallel Guanghua was carried out may become homogeneity, and a condenser lens 75 which condenses on DMD the laser beam by which quantity of light distribution was amended. The portion into which the portion near the optical axis of a lens extended the flux of light to the array direction of a laser outgoing radiation edge, and the combination lens 73 separated from the optical axis contracted the flux of light, and it has the function to pass light as it is to this array direction and the direction which intersects perpendicularly, and a laser beam is amended so that quantity of light distribution may become uniform.

[0031] Moreover, the lens systems 54 and 58 which carry out image formation of the laser beam reflected by DMD50 on the scan layer (exposed field) 56 of a photoresist 150 are arranged at the light reflex side of DMD50. Lens systems 54 and 58 are arranged so that DMD50 and the exposed field 56 may serve as relation [ \*\*\*\* ].

[0032] DMD50 is the mirror device constituted by arranging the pixel which is the minute mirror of a large number (for example, 600 pieces x 800 pieces) which the minute mirror (micro mirror) 62 is supported with a stanchion, is arranged on the SRAM cel (memory cell) 60, and constitute a pixel (pixel) in the shape of a grid, as shown in drawing 6 . The micro mirror 62 supported to the stanchion is formed in the topmost part, and the material with high reflection factors, such as aluminum, is vapor-deposited in the surface of the micro mirror 62 by each pixel. In addition, the reflection factor of the micro mirror 62 is 90% or more. Moreover, directly under the micro mirror 62, the SRAM cel 60 of CMOS of the silicon gate manufactured with the production line of the usual semiconductor memory through the stanchion containing a hinge and a yoke is arranged, and the whole is constituted by the monolithic (one apparatus).

[0033] If a digital signal is written in the SRAM cel 60 of DMD50, the micro mirror 62 supported to the stanchion will be leaned in the range of whenever [  $\alpha$  ] (for example,  $\pm 10$  degrees) to the substrate side with which DMD50 has been arranged focusing on the diagonal line.

Drawing 7 (A) shows the condition of having inclined to whenever [  $+\alpha$  / whose micro mirror 62 is an ON state ], and drawing 7 (B) shows the condition of having inclined to whenever [  $-\alpha$  / whose micro mirror 62 is an OFF state ]. Therefore, according to a picture signal, the light by which incidence was carried out to DMD50 is reflected in the inclination direction of each micro mirror 62 by controlling the inclination of the micro mirror 62 in each pixel of DMD50 to be shown in drawing 6 .

[0034] In addition, a part of DMD50 is expanded to drawing 6 , and an example in the condition that the micro mirror 62 is controlled whenever [  $+\alpha$  ], or whenever [  $-\alpha$  ] is shown in it. On-off control of each micro mirror 62 is performed by the controller which was connected to DMD50 and which is not illustrated. In addition, the light absorption object (not shown) is arranged in the direction in which a light beam is reflected by the micro mirror 62 of an OFF state.

[0035] Moreover, as for DMD50, it is desirable to make it incline slightly and to arrange so that the shorter side may accomplish the direction of vertical scanning and the predetermined angle  $\theta$  (for example, 1 degree - 5 degrees). Drawing 8 (A) shows the scan locus of the reflected light image (exposure beam) 53 by each micro mirror when not making DMD50 incline, and drawing 8 (B) shows the scan locus of the exposure beam 53 at the time of making DMD50 incline.

[0036] Although the group (for example, 600 sets) array of many micro mirror trains in which many (for example, 800 pieces) micro mirrors were arranged by the longitudinal direction at DMD50 is carried out in the direction of a short hand As shown in drawing 8 (B), by making DMD50 incline, the pitch P1 of the scan locus (scanning line) of the exposure beam 53 by each micro mirror can become narrower than the pitch P2 of the scanning line when not making DMD50 incline, and resolution can be raised sharply. On the other hand, since the tilt angle of DMD50 is minute, the swath width W1 when not making the swath width W2 and DMD50 at the time of making DMD50 incline is abbreviation identitas.

[0037] Moreover, the same scanning-line top will be exposed in piles by different micro mirror train (multiplex exposure). Thus, by multiplex exposure being carried out, the slight amount of an exposure location can be controlled and high definition exposure can be realized. Moreover, a slight quantity of exposure position control can tie the knot between two or more exposure arm heads arranged in the main scanning direction without a level difference.

[0038] In addition, the same effect can be acquired, even if it carries out [ predetermined \*\*\*\*\* ] each micro mirror train in the direction of vertical scanning, and the direction which intersects perpendicularly and arranges it alternately instead of making DMD50 incline.

[0039] As shown in drawing 9 , it has the laser module 64 of plurality (the gestalt of this operation six pieces), and, as for the fiber array light source 66, the end of a multimode optical fiber 30 is combined with each laser module 64. As the optical fiber 31 with the diameter of a clad smaller than a multimode optical fiber 30 as a multimode optical fiber 30 with the same and core diameter is combined with the other end of a multimode optical fiber 30 and it is shown in drawing 9 (C), it is arranged by one train along the main scanning direction where the direction of vertical scanning and the outgoing radiation edge (point emitting light) of an optical fiber 31 cross

at right angles, and the laser outgoing radiation section 68 is constituted. In addition, as shown in drawing 9 (D), the point emitting light can also be arranged in two trains along a main scanning direction.

[0040] The outgoing radiation edge of an optical fiber 31 is being put and fixed to the support plate 65 of two sheets with the flat surface as shown in drawing 9 (B). Moreover, in order to protect the end face of an optical fiber 31, the transparent guard plates 63, such as glass, are arranged at the optical outgoing radiation side of an optical fiber 31. A guard plate 63 may be stuck with the end face of an optical fiber 31, may be arranged, and it may be arranged so that the end face of an optical fiber 31 may be sealed. Although it is easy to collect dust for optical density highly and it tends to deteriorate, the outgoing radiation edge of an optical fiber 31 can delay deterioration while being able to prevent adhesion of the dust to an end face by arranging a guard plate 63.

[0041] In order that the diameter of a clad may arrange the outgoing radiation edge of the small optical fiber 31 in one train without a crevice in this example A multimode optical fiber 30 is accumulated between two multimode optical fibers 30 with which the diameter of a clad adjoins in a large portion. The outgoing radiation edge of the optical fiber 31 combined with the accumulated multimode optical fiber 30 is arranged so that it may be inserted between two outgoing radiation edges of the optical fiber 31 combined with two multimode optical fibers 30 with which the diameter of a clad adjoins in a large portion.

[0042] Such an optical fiber can be obtained by combining the optical fiber 31 with the small diameter of a clad with a length of 1–30cm with a part for the point by the side of the laser beam outgoing radiation of the multimode optical fiber 30 with the large diameter of a clad in same axle, as shown in drawing 10. Welding is carried out and two optical fibers are combined so that the incidence end face of the medial axis of both optical fibers of an optical fiber 31 may correspond with the outgoing radiation end face of a multimode optical fiber 30. The path of core 31a of an optical fiber 31 is the same magnitude as the path of Core 30 a of a multimode optical fiber 30 as mentioned above.

[0043] Moreover, length may combine with the outgoing radiation edge of a multimode optical fiber 30 the short optical fiber to which the optical fiber with the diameter of a clad it is short and large was made to carry out welding of the optical fiber with the small diameter of a clad through a ferrule, an optical connector, etc. By joining together removable using a connector etc., when an optical fiber with the small diameter of a clad is damaged, exchange for a point becomes easy, and the cost which the maintenance of an exposure arm head takes can be reduced. In addition, below, an optical fiber 31 may be called the outgoing radiation edge of a multimode optical fiber 30.

[0044] As a multimode optical fiber 30 and an optical fiber 31, any of a step index mold optical fiber, a gray TEDDO index mold optical fiber, and a compound-die optical fiber are sufficient. For example, the step index mold optical fiber by Mitsubishi Cable Industries, Ltd. can be used. With the gestalt of this operation, a multimode optical fiber 30 and an optical fiber 31 are step index mold optical fibers, a multimode optical fiber 30 is more than permeability =99.5% of diameter =of clad125micrometer, core diameter =25micrometer, NA=0.2, and an incidence end-face coat, and optical fibers 31 are diameter =of clad60micrometer, core diameter =25micrometer, and NA=0.2.

[0045] Generally, in the laser beam of an infrared region, if the diameter of a clad of an optical fiber is made small, a propagation loss will increase. For this reason, the suitable diameter of a clad is determined according to the wavelength range region of a laser beam. about 1 in case of making about [ in the case of making the infrared light of a 800nm wavelength range region spread the thickness {(diameter of clad-core diameter) /2} of a clad ] 1/2, and infrared light of 1.5-micrometer wavelength range region for communication link spread in laser beam with a wavelength of 405nm by which propagation loss's decreased, so that wavelength was short, and outgoing radiation was carried out from GaN system semiconductor laser/4 [ however, ] -- even if -- a propagation loss hardly increases. Therefore, the diameter of a clad can be made small with 60 micrometers.

[0046] However, the diameter of a clad of an optical fiber 31 is not limited to 60 micrometers. Although the diameter of a clad of the optical fiber currently used for the conventional fiber light

source is 125 micrometers, since the depth of focus becomes deeper in order that brightness may go up so that the diameter of a clad becomes small, the diameter of a clad of a multimode optical fiber has desirable 80 micrometers or less, its 60 micrometers or less are more desirable, and its 40 micrometers or less are still more desirable. On the other hand, since at least 3–4 micrometers of core diameters are required, the diameter of a clad of an optical fiber 31 has desirable 10 micrometers or more.

[0047] The laser module 64 is constituted by the multiplexing laser light source (fiber light source) shown in drawing 11 . The plurality by which array immobilization of this multiplexing laser light source was carried out on the heat block 10 The GaN system semiconductor laser LD1, LD2, LD3, LD4, LD5, LD6, and LD7 of the horizontal multimode of the (for example, shape) of seven chip, or a single mode, the collimator lenses 11, 12, 13, 14, 15, 16, and 17 prepared corresponding to each of the GaN system semiconductor laser LD1–LD7, one condenser lens 20, and one multimode optical fiber 30 -- since -- it is constituted. In addition, the number of semiconductor laser is not limited to seven pieces. Diameter = of clad 60 micrometer, a core diameter = it is possible to carry out incidence of no less than the 20 semiconductor laser light, to the multimode optical fiber of 50 micrometers and NA=0.2, the necessity quantity of light of an exposure arm head can be realized, and an optical fiber number can be reduced more to it.

[0048] All oscillation wavelength is in common (for example, 405nm), and all the maximum output of the GaN system semiconductor laser LD1–LD7 is also in common (for example, multimode laser 100mW and single mode laser 30mW). In addition, as GaN system semiconductor laser LD1–LD7, it is the wavelength range of 350nm – 450nm, and laser equipped with oscillation wavelength other than the above-mentioned 405nm can be used. The wavelength range region of a laser beam has more desirable 350–420nm. The wavelength of 408nm is desirable at especially the point of using low cost GaN system semiconductor laser.

[0049] The above-mentioned multiplexing laser light source is contained with other optical elements in the box-like package 40 in which the upper part carried out the opening, as shown in drawing 12 and drawing 13 . The hermetic seal of the above-mentioned multiplexing laser light source is carried out into the closed space (closure space) formed with a package 40 and the package lid 41 by equipping the package 40 with the package lid 41 created so that the opening might be closed, introducing closure gas after degassing processing, and closing the opening of a package 40 with the package lid 41.

[0050] The base board 42 is being fixed to the base of a package 40, and said heat block 10, the condensing lens holder 45 holding a condenser lens 20, and the fiber electrode holder 46 holding the incidence edge of a multimode optical fiber 30 are attached in the upper surface of this base board 42. The outgoing radiation edge of a multimode optical fiber 30 is pulled out out of the package from the opening formed in the wall surface of a package 40.

[0051] Moreover, the collimator lens holder 44 is attached in the side of the heat block 10, and collimator lenses 11–17 are held. A opening is formed in the horizontal wall surface of a package 40, and the wiring 47 which supplies drive current to the GaN system semiconductor laser LD1–LD7 through this opening is pulled out out of the package.

[0052] In addition, in drawing 13 , in order to avoid complicated-ization of drawing, a number is given only to GaN system semiconductor laser LD7 among two or more GaN system semiconductor laser, and the number is given only to the collimator lens 17 among two or more collimator lenses.

[0053] Drawing 14 shows the transverse-plane configuration of the installation portion of the above-mentioned collimator lenses 11–17. Each of collimator lenses 11–17 is formed in the configuration which cut off the field including the optical axis of the circular lens equipped with the aspheric surface long and slender at the parallel plane. The collimator lens of this \*\* length configuration can be formed by carrying out mold shaping of resin or the optical glass. Close arrangement of the collimator lenses 11–17 is carried out in the array direction of the above-mentioned point emitting light so that the array direction (longitudinal direction of drawing 14 ) of the point of the GaN system semiconductor laser LD1–LD7 emitting light and the length direction may cross at right angles.

[0054] On the other hand as GaN system semiconductor laser LD1–LD7, it has the barrier layer

whose luminescence width of face is 2 micrometers, and the laser which emits laser beams B1-B7 respectively in the condition that the flare angles of a direction parallel to a barrier layer and a right-angled direction are 10 degrees and 30 degrees respectively, for example is used. These GaN(s) system semiconductor laser LD1-LD7 is arranged so that the point emitting light may be located in a line with one train in the direction parallel to a barrier layer.

[0055] Therefore, the direction where a flare angle is large will carry out incidence of the laser beams B1-B7 emitted from each point emitting light in accordance with the length direction to each collimator lenses 11-17 of a \*\* length configuration in the condition that the direction where a flare angle is small is in agreement with the cross direction (the length direction and direction which intersects perpendicularly), as mentioned above. That is, the width of face of each collimator lenses 11-17 is 1.1mm, length is 4.6mm, and the beam diameters of horizontal [ of the laser beams B1-B7 which carry out incidence to them ], and a perpendicular direction are 0.9mm and 2.6mm respectively. Moreover, each of collimator lenses 11-17 is focal distance  $f1=3\text{mm}$ ,  $NA=0.6$ , and lens arrangement pitch  $=1.25\text{mm}$ .

[0056] A condenser lens 20 cuts off a field including the optical axis of the circular lens equipped with the aspheric surface long and slender at an parallel plane, is long in the array direction of collimator lenses 11-17, i.e., a horizontal direction, and is formed in it and the right-angled direction at the short configuration. This condenser lens 20 is focal distance  $f2=23\text{mm}$  and  $NA=0.2$ . This condenser lens 20 is also formed by carrying out mold shaping of resin or the optical glass.

[0057] [Actuation of Mitsuzo form equipment], next actuation of the above-mentioned Mitsuzo form equipment are explained.

[0058] In each exposure arm head 166 of a scanner 162, parallel Guanghua of the laser beam B1 which carried out outgoing radiation in the state of emission light from each of the GaN system semiconductor laser LD1-LD7 which constitutes the multiplexing laser light source of the fiber array light source 66, B-2, B3, B4, B5, B6, and each of B7 is carried out by the corresponding collimator lenses 11-17. It is condensed with a condenser lens 20 and the laser beams B1-B7 by which parallel Guanghua was carried out are converged on the incidence end face of Core 30 a of a multimode optical fiber 30.

[0059] Condensing optical system is constituted by collimator lenses 11-17 and the condenser lens 20, and multiplexing optical system is constituted from this example by the condensing optical system and multimode optical fiber 30. That is, outgoing radiation is carried out from the optical fiber 31 which the laser beams B1-B7 condensed as mentioned above carried out incidence to Core 30 a of this multimode optical fiber 30, and spread the inside of an optical fiber, and it was multiplexed by one laser beam B, and was combined with the outgoing radiation edge of a multimode optical fiber 30 with the condenser lens 20.

[0060] In each laser module, the joint effectiveness to the multimode optical fiber 30 of laser beams B1-B7 can obtain the multiplexing laser beam B with an output of 180mW ( $=30\text{mW} \times 0.85 \times 7$ ) about each of the optical fiber 31 arranged in the shape of an array, when each output of the GaN system semiconductor laser LD1-LD7 is 30mW in 0.85. Therefore, the output in the laser outgoing radiation section 68 by which six optical fibers 31 were arranged in the shape of an array is about 1W ( $=180\text{mW} \times 6$ ).

[0061] The point of high brightness emitting light is arranged along the main scanning direction by the laser outgoing radiation section 68 of the fiber array light source 66 at the single tier this passage. Since the conventional fiber light source which combines the laser beam from single semiconductor laser with one optical fiber was low-power output, if an a large number train array was not carried out, a desired output was not able to be obtained, but since the multiplexing laser light source used with the gestalt of this operation is high power, it can obtain a desired output in a a small number of train, for example, one train.

[0062] for example, by the conventional fiber light source combined by 1 to 1, semiconductor laser and an optical fiber Usually, since the laser of an output the degree of 30mW (milli watt) is used as semiconductor laser and the core diameter of 50 micrometers, 125 micrometers of diameters of a clad, and the multimode optical fiber of NA (numerical aperture)0.2 are used as an optical fiber If it is going to obtain the output of about 1 W (watt), 48 multimode optical fibers

(8x6) must be bundled. Since the area of a luminescence field is 2 (0.675mmx0.925mm) 0.62mm, 1.6x10<sup>6</sup> (W/m<sup>2</sup>) and the brightness per optical fiber of the brightness in the laser outgoing radiation section 68 are 3.2x10<sup>6</sup> (W/m<sup>2</sup>).

[0063] On the other hand, with the gestalt of this operation, the output of about 1 W can be obtained with six multimode optical fibers, and since the area of the luminescence field in the laser outgoing radiation section 68 is 2 (0.325mmx0.025mm) 0.0081mm, the brightness in the laser outgoing radiation section 68 is set to 123x10<sup>6</sup> (W/m<sup>2</sup>), and can attain about 80 times as many high brightness-ization as this compared with the former, as mentioned above. Moreover, the brightness per optical fiber is 90x10<sup>6</sup> (W/m<sup>2</sup>), and can attain about 28 times as many high brightness-ization as this compared with the former.

[0064] Here, with reference to drawing 15 (A) and (B), the difference in the depth of focus of the conventional exposure arm head and the exposure arm head of the gestalt of this operation is explained. The path of the direction of vertical scanning of the luminescence field of the bundle-like fiber light source of the conventional exposure arm head is 0.675mm, and the path of the direction of vertical scanning of the luminescence field of the fiber array light source of the exposure arm head of the gestalt of this operation is 0.025mm. With the conventional exposure arm head, as shown in drawing 15 (A), since the luminescence field of the light source (bundle-like fiber light source) 1 is large, the angle of the flux of light which carries out incidence to DMD3 becomes large, and the angle of the flux of light which carries out incidence to a scan layer 5 as a result becomes large. For this reason, a beam diameter tends to grow fat to the condensing direction (gap of the direction of a focus).

[0065] On the other hand, with the exposure arm head of the gestalt of this operation, as shown in drawing 15 (B), since the path of the direction of vertical scanning of the luminescence field of the fiber array light source 66 is small, the angle of the flux of light which passes a lens system 67 and carries out incidence to DMD50 becomes small, and the angle of the flux of light which carries out incidence to a scan layer 56 as a result becomes small. That is, the depth of focus becomes deep. In this example, the path of the direction of vertical scanning of a luminescence field has increased about 30 times over the past, and can obtain the depth of focus equivalent to an abbreviation diffraction limit. Therefore, it is suitable for exposure of a minute spot. The effect to this depth of focus is so remarkable that the necessity quantity of light of an exposure arm head is large, and effective. In this example, the 1-pixel size projected on the exposure side is 10micrometerx10micrometer. In addition, although DMD was the space modulation element of a reflective mold, drawing 15 (A) and (B) were taken as the development, in order to explain optical relation.

[0066] The image data according to the exposure pattern for one layer is inputted into the controller which was connected to DMD50 and which is not illustrated, and is once memorized by the frame memory in a controller. This image data is data which expressed with binary (existence of record of a dot) the concentration of each pixel which constitutes an image.

[0067] A scanner 162 is moved to the downstream with constant speed from the upstream of the direction of vertical scanning along with a guide 158 by the driving gear which is not illustrated. Initiation of migration of a scanner 162 generates a control signal every exposure arm head 166 based on the image data to which reading appearance of the image data of every two or more lines memorized by the frame memory was carried out one by one, and reading appearance was carried out in the data-processing section. And based on the generated control signal, on-off control of each of the micro mirror of DMD50 is carried out by the mirror drive control section every exposure arm head 166.

[0068] If a laser beam is irradiated by DMD50 from the fiber array light source 66, image formation of the laser beam reflected when the micro mirror of DMD50 was an ON state will be carried out by lens systems 54 and 58 on the oil level (exposed field) 56 of a photoresist 150. Thus, the laser beam by which outgoing radiation was carried out from the fiber array light source 66 is turned on and off for every pixel, and a photoresist 150 is exposed per pixel of the number of use pixels of DMD50, and the abbreviation same number (exposure area 168), and hardens. Moreover, by moving a scanner 162 with constant speed, vertical scanning of the oil level of a photoresist 150 is carried out, and the band-like hardening field 170 is formed every

exposure arm head 166.

[0069] To be shown in drawing 16 (A) and (B), with the gestalt of this operation, although 600 sets of micro mirror trains in which 800 micro mirrors were arranged in the main scanning direction are arranged by DMD50 in the direction of vertical scanning, to it, it controls by the gestalt of this operation so that only some micro mirror trains (for example, 800 piece x100 train) drive by the controller 51.

[0070] As shown in drawing 16 (A), the micro mirror train arranged in the center section of DMD50 may be used, and as shown in drawing 16 (B), the micro mirror train arranged at the edge of DMD50 may be used. Moreover, when a defect occurs to some micro mirrors, the micro mirror train used according to a condition may be changed suitably, such as using the micro mirror train which the defect has not generated.

[0071] Since there is a limit in the processing data rate of DMD50 and the modulation rate per line is determined in proportion to the number of pixels to be used, the modulation rate per line becomes quick by using only some micro mirror trains. In the case of the exposure method to which relative displacement of the exposure arm head is continuously carried out to an exposure side on the other hand, it is not necessary to all use the pixel of the direction of vertical scanning.

[0072] For example, when using only 300 of 600 sets of micro mirror trains, as compared with the case where 600 sets is all used, it can become irregular quickly the twice per line. Moreover, when using only 200 of 600 sets of micro mirror trains, as compared with the case where 600 sets is all used, it can become irregular quickly 3 times per line. Namely, a 500mm field can be exposed in 17 seconds in the direction of vertical scanning. Moreover, when using only 100 sets, it can become irregular quickly 6 times per line. Namely, a 500mm field can be exposed in 9 seconds in the direction of vertical scanning.

[0073] It is ten or more and 200 or less are desirable, the number of the micro mirror trains to be used, i.e., the number of the micro mirror arranged in the direction of vertical scanning, is ten or more, and 100 or less are more desirable. Since it is 15micrometerx15micrometer, when the area per [ equivalent to 1 pixel ] micro mirror is converted into the use field of DMD50, it is more than 12mmx150micrometer, and the field not more than 12mmx3mm is desirable, it is more than 12mmx150micrometer, and the field not more than 12mmx1.5mm is more desirable [ area ].

[0074] If the number of the micro mirror trains to be used is in the above-mentioned range, as shown in drawing 17 (A) and (B), abbreviation parallel Guanghua of the laser beam by which outgoing radiation was carried out from the fiber array light source 66 can be carried out by the lens system 67, and DMD50 can be irradiated. As for the exposure field which irradiates a laser beam by DMD50, it is desirable that it is in agreement with the use field of DMD50. If an exposure field is larger than a use field, the use effectiveness of a laser beam will fall.

[0075] On the other hand, although it is necessary to make small the path of the direction of vertical scanning of the light beam which makes it condense on DMD50 according to the number of the micro mirror arranged in the direction of vertical scanning according to the lens system 67, since the angle of the flux of light which carries out incidence to the number of the micro mirror trains to be used being less than ten at DMD50 becomes large and the depth of focus of the light beam in a scan layer 56 becomes shallow, it is not desirable. Moreover, 200 or less have the desirable number of the micro mirror trains to be used from a viewpoint of a modulation rate. In addition, although DMD was the space modulation element of a reflective mold, drawing 17 (A) and (B) were taken as the development, in order to explain optical relation.

[0076] After hardening for one layer is completed by one vertical scanning with a scanner 162, a scanner 162 returns to the zero which is in the maximum upstream along with a guide 158 with the driving gear which is not illustrated. Next, a leading screw 155 is rotated with the drive motor which is not illustrated, specified quantity descent of the rise-and-fall stage 152 is carried out, a part for the hard spot of a photoresist 150 is sunk into the bottom of an oil level, and the hard spot part upper part is filled with the liquefied photoresist 150. And if the image data of the following layer is inputted into the controller which was connected to DMD50 and which is not illustrated, vertical scanning with a scanner 162 will be performed again. Thus, a three-dimension model is formed by repeating the exposure (hardening) by vertical scanning, and descent of a

stage to a part for a repeat deed and a hard spot.

[0077] Since the Mitsuzo form equipment of the gestalt of this operation is controlled so that only some micro mirror trains drive by the controller although the micro mirror train in which 800 micro mirrors were arranged in the main scanning direction is equipped with DMD arranged 600 sets in the direction of vertical scanning as explained above, compared with the case where all micro mirror trains are driven, the modulation rate per line becomes quick. Thereby, exposure at a high speed and molding are attained.

[0078] Moreover, since the deep depth of focus can be obtained and an optical high density output is obtained while being high power, since the fiber array light source of the high brightness which arranged the outgoing radiation edge of the optical fiber of a multiplexing laser light source in the shape of an array is used for the light source which illuminates DMD, it can mold to a high speed and a high definition. Furthermore, the number of the fiber light sources required in order to obtain a desired output decreases, and low cost-ization of Mitsuzo form equipment is attained because the output of each fiber light source becomes large.

[0079] Especially, with the gestalt of this operation, since the diameter of a clad of the outgoing radiation edge of an optical fiber is made smaller than the diameter of a clad of an incidence edge, the diameter of a light-emitting part becomes smaller, and much more high brightness-ization of the fiber array light source is attained. Thereby more high definition molding is attained.

[0080] In addition, although the gestalt of the above-mentioned operation explained the example which drives the micro mirror of DMD partially Even if it uses long and slender DMD by which the micro mirror of a large number which can change the angle of a reflector was respectively arranged in the shape of two-dimensional according to the control signal on a substrate with the lay length longer than the lay length which intersects said predetermined direction corresponding to the predetermined direction Since the number of the micro mirror which controls the angle of a reflector decreases, a modulation rate can be made quick.

[0081] Next, the modification of the gestalt of the operation explained above is explained. Although the gestalt of operation of the space modulation element] above of [others explained the example which drives the micro mirror of DMD partially Even if it uses long and slender DMD by which the micro mirror of a large number which can change the angle of a reflector was respectively arranged in the shape of two-dimensional according to the control signal on a substrate with the lay length longer than the lay length which intersects said predetermined direction corresponding to the predetermined direction Since the number of the micro mirror which controls the angle of a reflector decreases, a modulation rate can be made quick.

[0082] Although the gestalt of the above-mentioned operation explained the exposure arm head equipped with DMD as a space modulation element For example, a MEMS (Micro Electro Mechanical Systems) type space modulation element (SLM; Spacial Light Modulator), By using a part of pixel sections to all the pixel sections arranged on the substrate, also when space modulation elements other than MEMS types, such as an optical element (PLZT element), a liquid crystal light shutter (FLC), etc. which modulate the transmitted light according to the electro-optical effect, are used Since the modulation rate per pixel and per 1 horizontal-scanning Rhine can be made quick, the same effect can be acquired.

[0083] In addition, MEMS is the generic name of the sensor of the micro size by the micro-machining technology based on IC manufacture process, an actuator, and the detailed system that integrated the control circuit, and the MEMS type space modulation element means the space modulation element driven by electric machine actuation using electrostatic force.

[0084] The [laser drive method] Each GaN system semiconductor laser contained in the fiber array light source may carry out a continuation drive, and may carry out a pulse drive again. By exposing by the laser beam by which the pulse drive was carried out, thermal diffusion is prevented and a high speed and high definition molding are attained. The shorter one of pulse width is desirable, its 1psec-100ns is desirable, and its 1psec - 300psec is more desirable. In addition, it is hard to produce failure of the optical outgoing radiation end face called COD (Catastrophic Optical Damage), and GaN system semiconductor laser is high-reliability, and can also realize easily pulse width of 1psec - 300psec.



[0085] As are shown in exposure method] drawing 18 besides [, and the whole oil-level surface of a photoresist 150 may be scanned by 1 time to the direction of X with a scanner 162 and it is shown in drawing 19 (A) and (B) like the gestalt of the above-mentioned operation A scan and migration are repeated and you may make it scan the whole oil-level surface by the scan of multiple times as one step of scanners 162 is moved in the direction of Y and it scans in the direction of X, after scanning a scanner 162 in the direction of X. In addition, the scanner 162 is equipped with 18 exposure arm heads 166 in this example.

[0086] Generally in the Mitsuzo form method of molding a three-dimension model, the curing shrinkage accompanying hardening of resin and the hardening contraction by being cooled by ordinary temperature and the resin which became an elevated temperature by the heat of polymerization generated at the time of hardening being distorted occur, and there is a problem that distortion and molding precision fall [ a molding object ] by contraction accompanying these hardening. When exposing to coincidence the field which contains two or more pixels especially (field exposure) and molding to plate-like, a molding object will curve to the down side to the direction of a laminating at a convex. In order to prevent generating of distortion by such hardening contraction, it is desirable to divide an exposure field into two or more fields, and to carry out sequential exposure.

[0087] For example, after supposing that the multiple-times scan of the same oil level of a photoresist is carried out, exposing the border line of a molding configuration by the 1st scan and stiffening a photoresist, generating of distortion is prevented by exposing the interior of a border line by the scan of the 2nd henceforth, and stiffening a photoresist.

[0088] Moreover, as shown in drawing 30 (A), an exposure field may be divided into many pixels, many of these pixels may be divided into two groups, the 1st group who consists of pixels 102 which do not adjoin mutually, and the 2nd group who consists of pixels 104 which do not adjoin mutually, and scan exposure may be carried out for every group. The pixel 102 and the pixel 104 are arranged by turns so that a checker may be constituted. Although a part of exposure field is shown in drawing 30 (A), when the exposure arm head equipped with 1 million-pixel DMD, for example is used, an exposure field can be divided into 1 million pixels according to the number of pixels of DMD.

[0089] First, by the 1st scan, as shown in drawing 30 (B), the pixel 102 belonging to the 1st group is exposed, and as shown in drawing 30 (C), the pixel 104 belonging to the 2nd group is exposed by the 2nd scan. Thereby, the crevice between a pixel and a pixel is filled and the whole surface of the exposure field of the oil level of a photoresist is exposed.

[0090] The 1st group's pixels exposed by coincidence by the 1st scan do not adjoin mutually, and the 2nd group's pixels exposed by coincidence by the 2nd scan do not adjoin mutually. Thus, since the adjoining pixel is not exposed by coincidence, distortion by hardening contraction does not spread to the adjoining pixel. That is, although the distortion by hardening contraction becomes large as it spreads an exposure field and a considerable distortion will occur when exposing the whole exposure field to coincidence, in this example, hardening contraction is produced only in 1 pixel and the distortion by hardening contraction is not spread to the adjoining pixel. Thereby, in a laminating molding object, generating of distortion is controlled notably and molding of it with high degree of accuracy is attained.

[0091] In the aligner of the gestalt of the above-mentioned operation, the oil level of a photoresist can be exposed by the pattern of arbitration by one scan with a scanner. Therefore, the thing into which it was divided by the scan of multiple times and to expose for every field is comparatively easy.

[0092] Generally as a liquefied photoresist used in a [photoresist] Mitsuzo form, the urethane acrylate system resin hardened by the optical radical polymerization reaction and the epoxy system resin hardened by the optical cationic polymerization reaction are used. Moreover, in ordinary temperature, it is in the gel state, and if heat energy is given by laser radiation, the photoresist of the sol-gel-transformation mold transferred to a sol condition can be used. By the Mitsuzo form method using the photoresist of a sol-gel-transformation mold, since it hardens by exposing in the molding side of the gel state rather than being liquefied, there is an advantage that a molding object is formed into gel resin and there is no necessity of molding the support

portion and joining segment for supporting a molding object.

[0093] When performing the Rhine exposure and area exposure which expose a predetermined field to coincidence, it is desirable to use for the photoresist of the above-mentioned sol-gel-transformation mold the resin which added the thermally conductive filler. Thermal diffusion nature is demonstrated by adding a thermally conductive filler, and generating of the heat distortion in a molding object is prevented. Especially, in the photoresist of a sol-gel-transformation mold, since homogeneity can be distributed without making a filler sediment unlike usual resin, thermal diffusion nature is maintainable.

[0094] Although the gestalt of operation of the laser equipment (light source)] above of [others explained the example using the fiber array light source equipped with two or more multiplexing laser light sources, laser equipment is not limited to the fiber array light source which array-ized the multiplexing laser light source. For example, the fiber array light source which array-ized the fiber light source equipped with one optical fiber which carries out outgoing radiation of the laser beam by which incidence was carried out from the single semiconductor laser which has one point emitting light can be used.

[0095] Moreover, as the light source equipped with two or more points emitting light, as shown in drawing 20, the laser array which arranged the semiconductor laser LD1-LD7 of the shape of a chip of plurality (for example, seven pieces) can be used on the heat block 100, for example. Moreover, the chip-like multi-cavity laser 110 which is shown in drawing 21 (A) and with which emitting light point 110a of plurality (for example, five pieces) was arranged in the predetermined direction is known. Since the multi-cavity laser 110 can arrange the point emitting light with a sufficient location precision compared with the case where chip-like semiconductor laser is arranged, it tends to multiplex the laser beam by which outgoing radiation is carried out from each point emitting light. However, since it will become easy to generate bending on the multi-cavity laser 110 at the time of laser manufacture if the point emitting light increases, as for the number of emitting light point 110a, considering as five or less pieces is desirable.

[0096] With the exposure arm head of this invention, as shown in this multi-cavity laser 110 and drawing 21 (B), the multi-cavity laser array by which two or more multi-cavity laser 110 was arranged in the same direction as the array direction of emitting light point 110a of each chip can be used as laser equipment (light source) on the heat block 100.

[0097] Moreover, a multiplexing laser light source is not limited to what multiplexes the laser beam by which outgoing radiation was carried out from the semiconductor laser of the shape of two or more chip. For example, as shown in drawing 22, the multiplexing laser light source equipped with the multi-cavity laser 110 of the shape of a chip which has emitting light point 110a of plurality (for example, three pieces) can be used. This multiplexing laser light source is equipped with the multi-cavity laser 110, one multimode optical fiber 130, and a condenser lens 120, and is constituted. For example, oscillation wavelength can constitute the multi-cavity laser 110 from a GaN system laser diode which is 405nm.

[0098] With the above-mentioned configuration, it is condensed with a condenser lens 120 and incidence of each of the laser beam B which carried out outgoing radiation from each of two or more emitting light point 110a of the multi-cavity laser 110 is carried out to core 130a of a multimode optical fiber 130. The laser beam which carried out incidence to core 130a spreads the inside of an optical fiber, and it is multiplexed by one and it carries out outgoing radiation to it.

[0099] two or more emitting light point 110a of the multi-cavity laser 110 -- the core diameter of the above-mentioned multimode optical fiber 130, and abbreviation -- while installing in equal width of face -- as a condenser lens 120 -- the core diameter of a multimode optical fiber 130, and abbreviation -- the joint effectiveness to the multimode optical fiber 130 of a laser beam B can be gathered by using the convex lens of an equal focal distance, and the rod lens which collimates the outgoing radiation beam from the multi-cavity laser 110 only in a field perpendicular to the barrier layer.

[0100] Moreover, as shown in drawing 23, the multiplexing laser light source equipped with the laser array 140 by which the multi-cavity laser 110 of plurality (for example, nine pieces) was mutually arranged at equal intervals on the heat block 111 can be used using the multi-cavity

laser 110 equipped with the point of plurality (for example, three pieces) emitting light. Two or more multi-cavity laser 110 is being arranged and fixed in the same direction as the array direction of emitting light point 110a of each chip.

[0101] The multiplexing laser light source shown in drawing 23 is equipped with one rod lens 113 arranged between the laser array 140, two or more lens arrays 114 which each multi-KIYAPI tee laser 110 was made to correspond, and have been arranged, and the laser array 140 and two or more lens arrays 114, one multimode optical fiber 130, and a condenser lens 120, and is constituted. The lens array 114 is equipped with two or more micro lenses corresponding to the point of the multi-KIYAPI tee laser 110 emitting light.

[0102] With the above-mentioned configuration, after being condensed in the predetermined direction by the rod lens 113, parallel Guanghua of each of the laser beam B which carried out outgoing radiation from each of two or more emitting light point 10a of two or more multi-cavity laser 110 is carried out by each micro lens of the lens array 114. It is condensed with a condenser lens 120 and incidence of the laser beam L by which parallel Guanghua was carried out is carried out to core 130a of a multimode optical fiber 130. The laser beam which carried out incidence to core 130a spreads the inside of an optical fiber, and it is multiplexed by one and it carries out outgoing radiation to it.

[0103] Furthermore, the example of other multiplexing laser light sources is shown. As this multiplexing laser light source is shown in drawing 24 (A) and (B), the L character-like block [ heat ] 182 is carried for the cross section of the direction of an optical axis on the abbreviation rectangle-like block [ heat ] 180, and storage space is formed between two heat blocks. The multi-cavity laser 110 of plurality (for example, two pieces) with which two or more points (for example, five pieces) emitting light were arranged in the shape of an array is being arranged and fixed at equal intervals in the same direction as the array direction of emitting light point 110a of each chip by the upper surface of the L character-like heat block 182.

[0104] The crevice is formed in the abbreviation rectangle-like block [ heat ] 180, and the multi-cavity laser 110 of plurality (for example, two pieces) with which two or more points (for example, five pieces) emitting light were arranged in the shape of an array is arranged on the space side upper surface of the heat block 180 so that it may be located on the same vertical plane as the point of a laser chip that the point emitting light has been arranged on the upper surface of the heat block 182 emitting light.

[0105] The collimate lens array 184 by which the collimate lens was arranged corresponding to emitting light point 110a of each chip is arranged at the laser beam outgoing radiation side of the multi-cavity laser 110. The collimate lens array 184 is arranged so that the length direction of each collimate lens and the direction (the direction of a fast axis) where the flare angle of a laser beam is large may be in agreement and the cross direction of each collimate lens may be in agreement with the direction (the direction of a slow axis) where a flare angle is small. Thus, by array-izing a collimate lens and unifying, while the space use effectiveness of a laser beam improves and the high increase in power of a multiplexing laser light source is attained, components mark can decrease and low-cost-ize.

[0106] Moreover, the condenser lens 120 and \*\* which condense a laser beam at the incidence edge of one multimode optical fiber 130 and this multimode optical fiber 130, and are combined with it are arranged at the laser beam outgoing radiation side of the collimate lens array 184.

[0107] With the above-mentioned configuration, parallel Guanghua of each of the laser beam B which carried out outgoing radiation from each of two or more emitting light point 10a of the laser block 180 and two or more multi-cavity laser 110 arranged on 182 is carried out by the collimate lens array 184, it is condensed with a condenser lens 120 and incidence of it is carried out to core 130a of a multimode optical fiber 130. The laser beam which carried out incidence to core 130a spreads the inside of an optical fiber, and it is multiplexed by one and it carries out outgoing radiation to it.

[0108] Especially this multiplexing laser light source can attain a high increase in power by multistage arrangement of multi-cavity laser, and array-ization of a collimate lens as above-mentioned. using this multiplexing laser light source -- more -- high -- since the brightness fiber array light source and the bundle fiber light source can be constituted, it is suitable

especially as the fiber light source which constitutes the laser light source of the aligner of this invention.

[0109] In addition, each above-mentioned multiplexing laser light source can be contained in casing, and the laser module which pulled out the outgoing radiation edge of a multimode optical fiber 130 from the casing can be constituted.

[0110] Moreover, although the gestalt of the above-mentioned operation explained the example which combines other optical fibers with the diameter of a clad smaller identically [ a core diameter ] to a multimode optical fiber than a multimode optical fiber, and attains high brightness-ization of the fiber array light source at the outgoing radiation edge of the multimode optical fiber of a multiplexing laser light source, the diameter of a clad may use multimode optical fibers, such as 125 micrometers, 80 micrometers, and 60 etc. micrometers, for example, without combining other optical fibers with an outgoing radiation edge.

[0111] With the gestalt of operation of the [quantity of light distribution amendment optical-system] above, the quantity of light distribution amendment optical system which becomes an exposure arm head from one pair of combination lenses is used. When the ratio of the flux of light width of face of the periphery to the flux of light width of face of the core near an optical axis changes the flux of light width of face in each outgoing radiation location so that the direction of an outgoing radiation side may become small compared with an incidence side, and it irradiates the parallel flux of light from the light source at DMD, this quantity of light distribution amendment optical system is amended so that the quantity of light distribution by the irradiated plane may become abbreviation homogeneity. Hereafter, an operation of this quantity of light distribution amendment optical system is explained.

[0112] First, as shown in drawing 25 (A), incoming beams and an outgoing beam explain the case where the flux of light width of face (total-luminous-flux width of face)  $H_0$  and  $H_1$  of the whole is the same. In addition, in drawing 25 (A), the portion shown with signs 51 and 52 shows virtually the plane of incidence and the outgoing radiation side in quantity of light distribution amendment optical system.

[0113] In quantity of light distribution amendment optical system, each flux of light width of face  $h_0$  and  $h_1$  of the flux of light which carried out incidence to the core near an optical axis  $Z_1$ , and the flux of light which carried out incidence to the periphery considers as the same thing ( $h_0=h_1$ ). Quantity of light distribution amendment optical system performs an operation which expands the flux of light width of face  $h_0$  about the incoming beams of a core, and reduces the flux of light width of face  $h_1$  to reverse to the incoming beams of a periphery at an incidence side to the light which was the same flux of light width of face  $h_0$  and  $h_1$ . That is, it is made to be set to  $h_1 < h_0$  about the width of face  $h_0$  of the outgoing beam of a core, and the width of face  $h_1$  of the outgoing beam of a periphery. If expressed with the ratio of flux of light width of face, the ratio " $h_1/h_0$ " of the flux of light width of face of the periphery to the flux of light width of face of the core by the side of outgoing radiation is small compared with the ratio by the side of incidence ( $h_1/h_0=1$ ) ( $<1$ ). ( $h_1/h_0$ )

[0114] Thus, by changing flux of light width of face, by usual, the flux of light of the center section where quantity of light distribution is large can be efficiently employed in the periphery which runs short of the quantity of light, and abbreviation equalization of the quantity of light distribution by the irradiated plane is carried out, without dropping the use effectiveness of light as a whole. It is made for the quantity of light [ degree / of equalization ] nonuniformity for example, in a service area to become less than 20% preferably less than 30%.

[0115] They are with an incidence and outgoing radiation side, and the operation by such quantity of light distribution amendment optical system and the effect are the same when changing the whole flux of light width of face ( drawing 25 (B), (C)).

[0116] Drawing 25 (B) shows the case ( $H_0 > H_2$ ) where "reducing" to width of face  $H_2$ , and flux of light width of face  $H_0$  by the side of [ whole ] incidence is made into it outgoing radiation. Also in this case, the flux of light width of face  $h_0$  of a center section becomes large at an outgoing radiation side compared with a periphery, and the light whose quantity of light distribution amendment optical system was the same flux of light width of face  $h_0$  and  $h_1$  at the incidence side is made for the flux of light width of face  $h_1$  of a periphery to become small at reverse

compared with a core. If it thinks with the reduction percentage of the flux of light, an operation which makes small reduction percentage to the incoming beams of a core compared with a periphery, and enlarges reduction percentage to the incoming beams of a periphery compared with a core has been performed. Also in this case, the ratio " $H11/H10$ " of the flux of light width of face of the periphery to the flux of light width of face of a core becomes small compared with the ratio by the side of incidence ( $h1/h0=1$ ) ( $<1$ ). ( $h11/h10$ )

[0117] Drawing 25 (C) shows the case ( $H0<H3$ ) where "expanding" flux of light width of face  $H0$  by the side of [ whole ] incidence to width of face  $eta$  3, and it is made into it outgoing radiation. Also in this case, the flux of light width of face  $h10$  of a center section becomes large at an outgoing radiation side compared with a periphery, and the light whose quantity of light distribution amendment optical system was the same flux of light width of face  $h0$  and  $h1$  at the incidence side is made for the flux of light width of face  $h11$  of a periphery to become small at reverse compared with a core. If it thinks with the dilation ratio of the flux of light, an operation which enlarges the dilation ratio to the incoming beams of a core compared with a periphery, and makes small the dilation ratio to the incoming beams of a periphery compared with a core has been performed. Also in this case, the ratio " $h11/h10$ " of the flux of light width of face of the periphery to the flux of light width of face of a core becomes small compared with the ratio by the side of incidence ( $h1/h0=1$ ) ( $<1$ ). ( $h11/h10$ )

[0118] Thus, since the flux of light width of face in each outgoing radiation location is changed and the ratio of the flux of light width of face of the periphery to the flux of light width of face of the core near an optical axis  $Z1$  was made for the direction of an outgoing radiation side to become small compared with an incidence side, quantity of light distribution amendment optical system The flux of light width of face of a center section becomes [ the light which was the same flux of light width of face ] large at an outgoing radiation side compared with a periphery, and the flux of light width of face of a periphery becomes small at an incidence side compared with a core. Thereby, the flux of light of a center section can be efficiently employed in a periphery, and the flux of light cross section where abbreviation equalization of the quantity of light distribution was carried out can be formed, without dropping the use effectiveness of the light as the whole optical system.

[0119] Next, one example of the concrete lens data of one pair of combination lenses used as quantity of light distribution amendment optical system is shown. This example shows lens data in case quantity of light distribution in the cross section of an outgoing beam is Gaussian distribution like [ in case the light source is the laser array light source ]. In addition, when one semiconductor laser is connected to the incidence edge of a single mode optical fiber, quantity of light distribution of the injection flux of light from an optical fiber turns into Gaussian distribution. Also in such a case, the gestalt of this operation is applicable. Moreover, the core diameter of a multimode optical fiber is made small, and by bringing close to the configuration of a single mode optical fiber etc., also when the quantity of light of the core near an optical axis is larger than the quantity of light of a periphery, it can apply.

[0120] Basic lens data is shown in the following table 1.

[0121]

[A table 1]

基本レンズデータ			
S i (面番号)	r i (曲率半径)	d i (面間隔)	N i (屈折率)
0 1	非球面	5.000	1.52811
0 2	$\infty$	50.000	
0 3	$\infty$	7.000	1.52811
0 4	非球面		

[0122] As shown in a table 1, one pair of combination lenses consist of two aspheric lenses of the symmetry of revolution. When the 1st page and the field by the side of optical outgoing radiation are made into the 2nd page for the field by the side of the optical incidence of the 1st lens arranged at the optical incidence side, the 1st page is an aspheric surface configuration.

Moreover, when the 3rd page and the field by the side of optical outgoing radiation are made into the 4th page for the field by the side of the optical incidence of the 2nd lens arranged at the optical outgoing radiation side, the 4th page is an aspheric surface configuration.

[0123] In a table 1, the field number Si shows the number of the i-th field (i=1-4), radius of curvature ri shows the radius of curvature of the i-th field, and Spacing di shows the spacing on the i-th optical axis of a field and the i+1st fields. The unit of a spacing di value is a millimeter (mm). A refractive index nickel shows the value of the refractive index to the wavelength of 405nm of the optical element equipped with the i-th field.

[0124] Aspheric surface (1st page and 4th page) data is shown in the following table 2.

[0125]

[A table 2]

非球面データ		
	第 1 面	第 4 面
C	-1.4098E-02	-9.8506E-03
K	-4.2192E+00	-3.6253E+01
a 3	-1.0027E-04	-8.9980E-05
a 4	3.0591E-05	2.3060E-05
a 5	-4.5115E-07	-2.2860E-06
a 6	-8.2819E-09	8.7661E-08
a 7	4.1020E-12	4.4028E-10
a 8	1.2231E-13	1.3624E-12
a 9	5.3753E-16	3.3965E-15
a 10	1.6315E-18	7.4823E-18

[0126] The above-mentioned aspheric surface data is expressed with the coefficient in the following formula (A) showing an aspheric surface configuration.

[0127]

[Equation 1]

$$Z = \frac{C \cdot \rho^2}{1 + \sqrt{1 - K \cdot (C \cdot \rho)^2}} + \sum_{i=3}^{10} a_i \cdot \rho^i \quad \cdot \cdot \cdot \cdot \cdot \quad (A)$$

[0128] In the above-mentioned formula (A), each coefficient is defined as follows.

Z: The length of the perpendicular taken down from the point on the aspheric surface located from an optical axis in the location of height rho to the tangential plane (plane perpendicular to an optical axis) of the top-most vertices of the aspheric surface (mm)

rho: Distance from an optical axis (mm)

K: Constant of the cone C : paraxial curvature (1 / r, r: paraxial radius of curvature)

ai: In the numeric value shown in the i-th aspheric surface coefficient table (i=3-10) 2, a mark "E" shows that it is the "\*\*\*\* characteristic" to which the numeric value following the degree used 10 as the bottom, and shows that the multiplication of the numeric value expressed with the exponential function which used the 10 as the bottom is carried out to the numeric value in front of "E." For example, if it is "1.0E-02", it is shown that it is "1.0x10-2."

[0129] Drawing 27 shows quantity of light distribution of the illumination light obtained with one pair of combination lenses shown in the above-mentioned table 1 and a table 2. A horizontal axis shows the coordinate from an optical axis, and an axis of ordinate shows a quantity of light ratio (%). In addition, quantity of light distribution (Gaussian distribution) of the illumination light at the time of not amending to drawing 26 for a comparison is shown. Compared with the case where it does not amend, the quantity of light distribution by which abbreviation equalization was carried out is acquired by amending by quantity of light distribution amendment optical system so that drawing 26 and drawing 27 may show. Thereby, it can expose without nonuniformity by the uniform laser beam, without dropping the use effectiveness of the light in an exposure arm head.

[0130] Although 2 sets of lenses have been arranged as image formation optical system with the gestalt of operation of the image formation optical-system] above of [others to the light reflex side of DMD used for an exposure arm head, the image formation optical system which expands

and carries out image formation of the laser beam may be arranged. By expanding the cross section of the flux of light line reflected by DMD, the exposure area area (image field) in an exposed field is expandable to desired magnitude.

[0131] For example, as shown in drawing 31 (A), an exposure arm head The lighting system 144 which irradiates a laser beam DMD50 and DMD50, and the laser beam reflected by DMD50 are expanded. It corresponds to each pixel of lens systems 454 and 458 and DMD50 which carries out image formation. It corresponds to each micro lens of the micro-lens array 472 and the micro-lens array 472 by which many micro lenses 474 have been arranged. The aperture array 476 in which much aperture 478 was formed, and the laser beam which passed aperture can consist of lens systems 480 and 482 which carry out image formation to the exposed field 56.

[0132] With this exposure arm head, if a laser beam is irradiated from a lighting system 144, the cross section of the flux of light line reflected in the ON direction by DMD50 will be expanded several times (for example, twice) according to lens systems 454 and 458. It is condensed by each micro lens of the micro-lens array 472 corresponding to each pixel of DMD50, and the expanded laser beam passes the aperture to which the aperture array 476 corresponds. Image formation of the laser beam which passed aperture is carried out by lens systems 480 and 482 on the exposed field 56.

[0133] In this image formation optical system, since the laser beam reflected by DMD50 is expanded several times by magnifying lenses 454 and 458 and is projected on the exposed field 56, the whole image field becomes large. If the micro-lens array 472 and the aperture array 476 are not arranged at this time, as shown in drawing 31 (B), the 1-pixel size (spot size) of each beam spot BS projected on the exposed field 56 will become big according to the size of the exposure area 468, and the MTF (Modulation Transfer Function) property of expressing the sharpness of the exposure area 468 will fall.

[0134] On the other hand, when the micro-lens array 472 and the aperture array 476 have been arranged, the laser beam reflected by DMD50 is condensed by each micro lens of the micro-lens array 472 corresponding to each pixel of DMD50. As shown in drawing 31 (C), even when exposure area is expanded by this, it can reduce to the magnitude (for example, 10micrometerx10micrometer) of a request of the spot size of each beam spot BS, the fall of an MTF property can be prevented, and high definition exposure can be performed. In addition, the exposure area 468 leans because it leans and arranges DMD50 in order to lose the crevice between pixels.

[0135] Moreover, while being able to operate a beam orthopedically so that the beam by the aberration of a micro lens may grow fat and the spot size on the exposed field 56 may become fixed magnitude to \*\*\*\* by aperture, the cross talk between the adjoining pixels can be prevented by passing the aperture prepared corresponding to each pixel.

[0136] Furthermore, since the angle of the flux of light which carries out incidence to each micro lens of the micro-lens array 472 from a lens 458 by using the high brightness light source as well as the gestalt of the above-mentioned implementation for a lighting system 144 becomes small, it can prevent that a part of flux of light of the adjoining pixel carries out incidence. That is, a high extinction ratio is realizable.

[0137]

[Effect of the Invention] The Mitsuzo form equipment of this invention does so the effect that high-speed molding can be performed.

[0138] Moreover, in using the high brightness light source for the light source, it does so the effect that high definition molding can be performed.

---

[Translation done.]

## \* NOTICES \*

Japan Patent Office is not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.

2.\*\*\*\* shows the word which can not be translated.

3.In the drawings, any words are not translated.

---

DESCRIPTION OF DRAWINGS

---

## [Brief Description of the Drawings]

[Drawing 1] It is the perspective diagram showing the appearance of the Mitsuzo form equipment concerning the gestalt of the 1st operation.

[Drawing 2] It is the perspective diagram showing the configuration of the scanner of the Mitsuzo form equipment concerning the gestalt of the 1st operation.

[Drawing 3] (A) is the plan showing the exposed field formed in an oil level, and (B) is drawing showing the array of the exposure area by each exposure arm head.

[Drawing 4] It is the perspective diagram showing the outline configuration of the exposure arm head of the Mitsuzo form equipment concerning the gestalt of the 1st operation.

[Drawing 5] (A) is the cross section of the direction of vertical scanning in alignment with the optical axis in which the configuration of the exposure arm head shown in drawing 4 is shown, and (B) is the side elevation of (A).

[Drawing 6] It is the partial enlarged view showing the configuration of a digital micro mirror device (DMD).

[Drawing 7] (A) And (B) is explanatory drawing for explaining actuation of DMD.

[Drawing 8] (A) And (B) is with the case where inclination arrangement is carried out with the case where inclination arrangement of the DMD is not carried out, and is the plan comparing and showing arrangement and the scanning line of an exposure beam.

[Drawing 9] (A) is the perspective diagram showing the configuration of the fiber array light source, and (B) (it is the partial enlarged view of A and (C) and (D) are the plans showing the array of the point in the laser outgoing radiation section emitting light.) is.

[Drawing 10] It is drawing showing the configuration of a multimode optical fiber.

[Drawing 11] It is the plan showing the configuration of a multiplexing laser light source.

[Drawing 12] It is the plan showing the configuration of a laser module.

[Drawing 13] It is the side elevation showing the configuration of the laser module shown in drawing 12.

[Drawing 14] It is the partial side elevation showing the configuration of the laser module shown in drawing 12.

[Drawing 15] (A) And (B) is a cross section in alignment with the optical axis in which the difference with the depth of focus in the conventional exposure arm head and the depth of focus in the exposure arm head of the Mitsuzo form equipment concerning the gestalt of the 1st operation is shown.

[Drawing 16] (A) And (B) is drawing showing the example of the use field of DMD.

[Drawing 17] (A) is a side elevation when the use field of DMD is proper, and (B) is the cross section of the direction of vertical scanning in alignment with the optical axis of (A).

[Drawing 18] It is a plan for explaining the exposure method which exposes the whole oil-level surface of a photoresist by one scan with a scanner.

[Drawing 19] (A) And (B) is a plan for explaining the exposure method which exposes the whole oil-level surface of a photoresist by the scan of multiple times with a scanner.

[Drawing 20] It is the perspective diagram showing the configuration of a laser array.

[Drawing 21] (A) is the perspective diagram showing the configuration of multi-cavity laser, and



(B) is the perspective diagram of the multi-cavity laser array which arranged the multi-cavity laser shown in (A) in the shape of an array.

[Drawing 22] It is the plan showing other configurations of a multiplexing laser light source.

[Drawing 23] It is the plan showing other configurations of a multiplexing laser light source.

[Drawing 24] (A) is the plan showing other configurations of a multiplexing laser light source, and (B) is a cross section in alignment with the optical axis of (A).

[Drawing 25] It is explanatory drawing about the concept of amendment by quantity of light distribution amendment optical system.

[Drawing 26] It is the graph which the light source is Gaussian distribution and shows the quantity of light distribution when not amending quantity of light distribution.

[Drawing 27] It is the graph which shows the quantity of light distribution after amendment by quantity of light distribution amendment optical system.

[Drawing 28] It is the perspective diagram showing the configuration of the laminating molding equipment of the conventional laser scanning mode.

[Drawing 29] It is the perspective diagram showing the configuration of the laminating molding equipment of the conventional movable mirror method.

[Drawing 30] (A) is the plan showing one example of the exposure pattern of an exposure field, (B) is the perspective diagram showing the condition after exposing the pixel of the 1st group of (A), and (C) is the perspective diagram showing the condition after exposing the pixel of the 2nd group of (A).

[Drawing 31] (A) is a cross section in alignment with the optical axis in which the configuration of other exposure arm heads from which joint optical system differs is shown, (B) is the plan showing the light figure projected on an exposed field, when not using a micro-lens array etc., and (C) is the plan showing the light figure projected on an exposed field, when a micro-lens array etc. is used.

[Description of Notations]

LD1-LD7 GaN system semiconductor laser

10 Heat Block

11-17 Collimator lens

20 Condenser Lens

30 Multimode Optical Fiber

50 Digital Micro Mirror Device (DMD)

53 Reflected Light Image (Exposure Beam)

54 58 Lens system

56 Scan Layer (Exposed Field)

64 Laser Module

66 Fiber Array Light Source

68 Laser Outgoing Radiation Section

73 Combination Lens

150 Photoresist

152 Rise-and-Fall Stage

156 Container

158 Guide

162 Scanner

166 Exposure Arm Head

168 Exposure Area

170 Exposed Field

---

[Translation done.]

## \* NOTICES \*

Japan Patent Office is not responsible for any damages caused by the use of this translation.

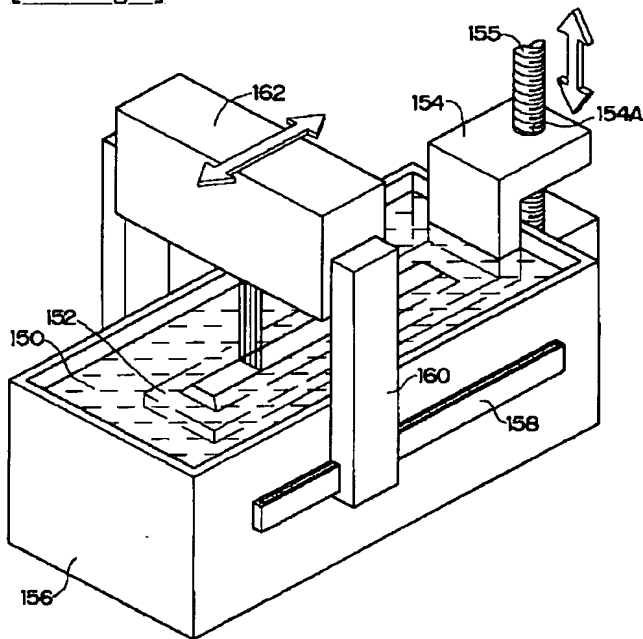
1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.

2.\*\*\* shows the word which can not be translated.

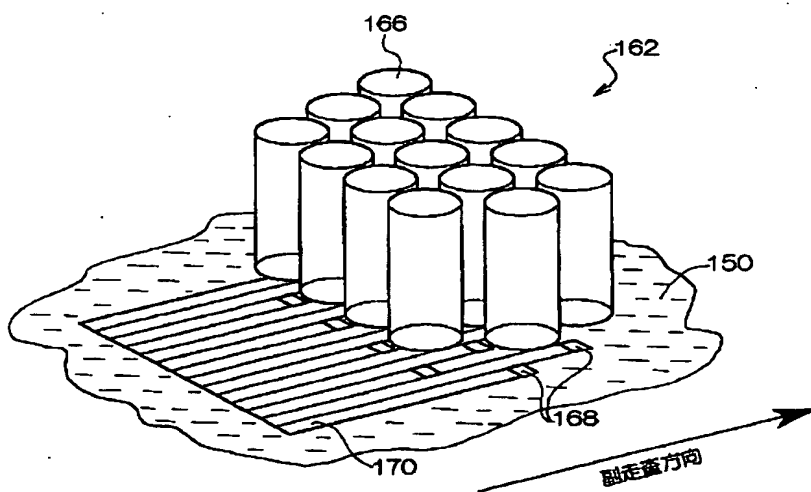
3.In the drawings, any words are not translated.

## DRAWINGS

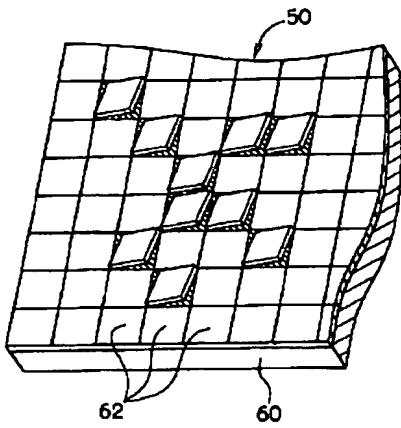
[Drawing 1]



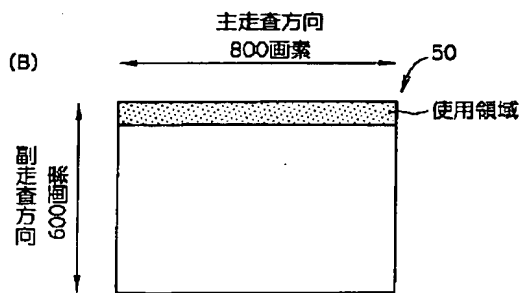
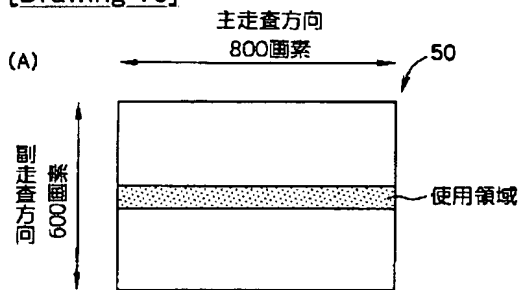
[Drawing 2]



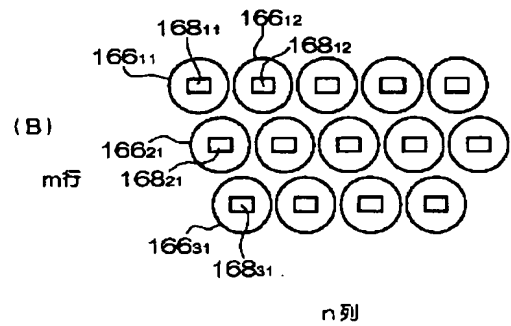
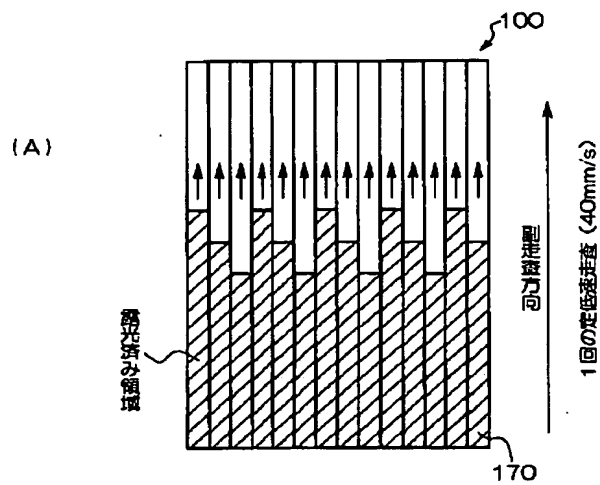
[Drawing 6]



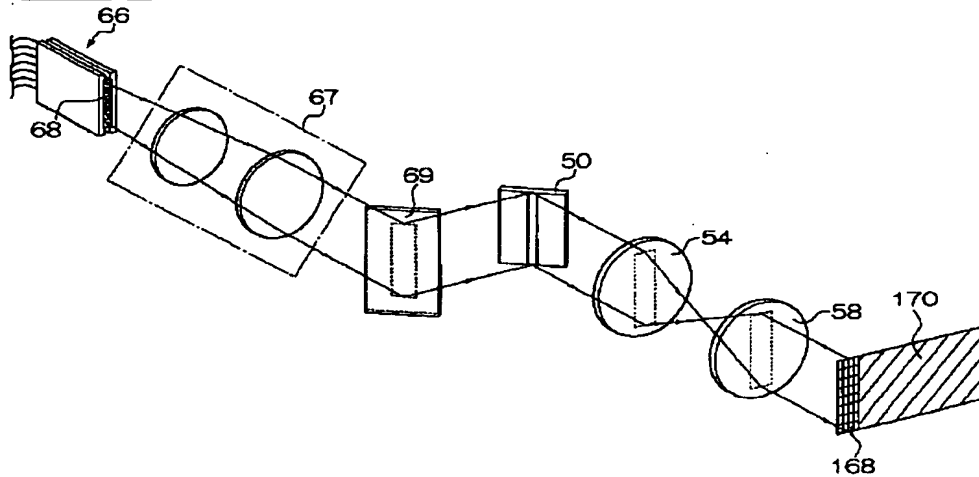
[Drawing 16]



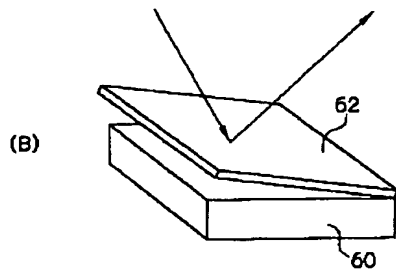
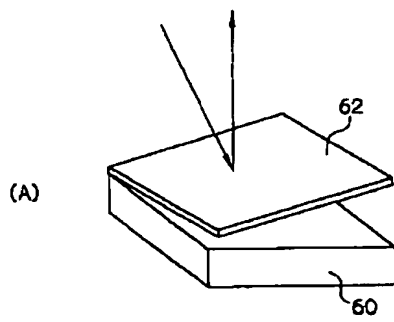
[Drawing 3]



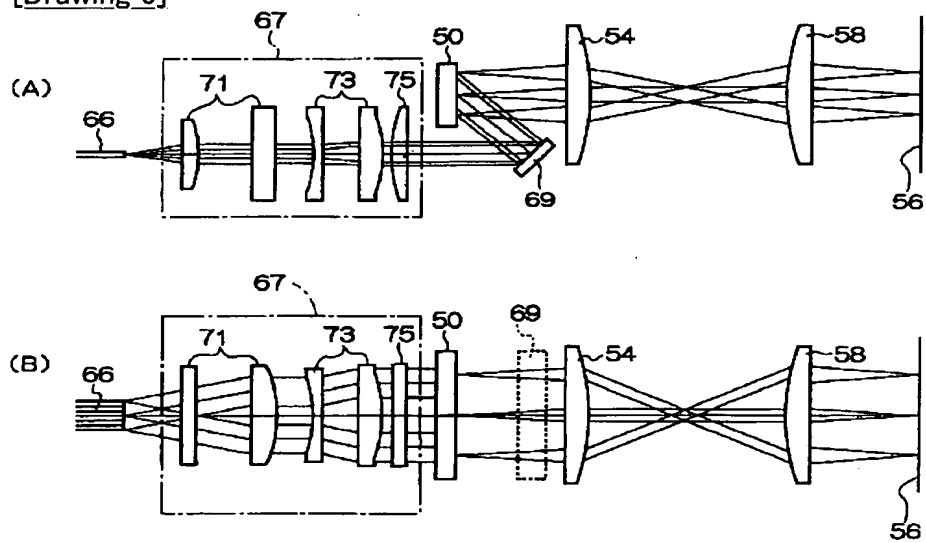
[Drawing 4]



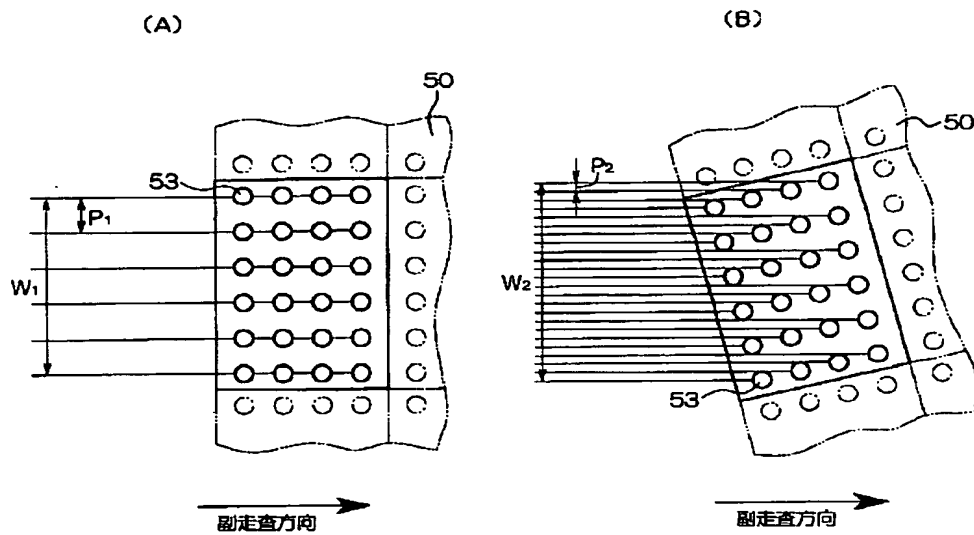
[Drawing 7]



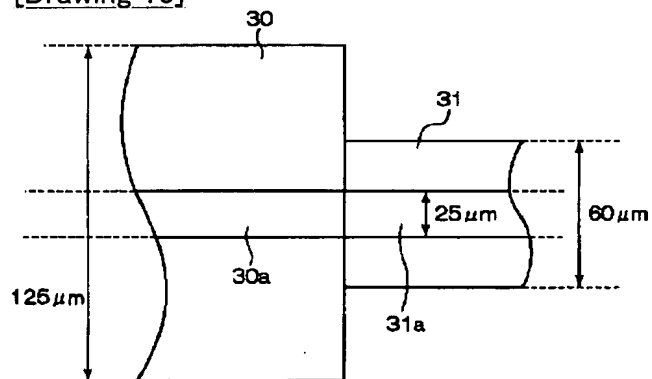
[Drawing 5]



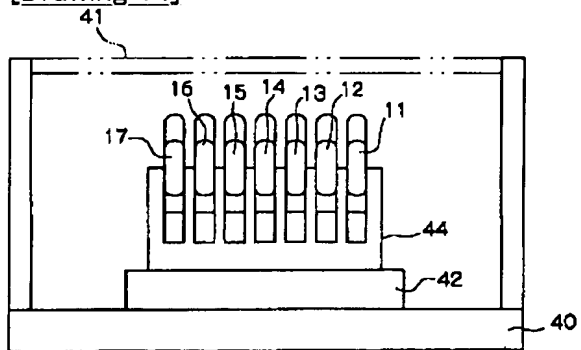
[Drawing 8]



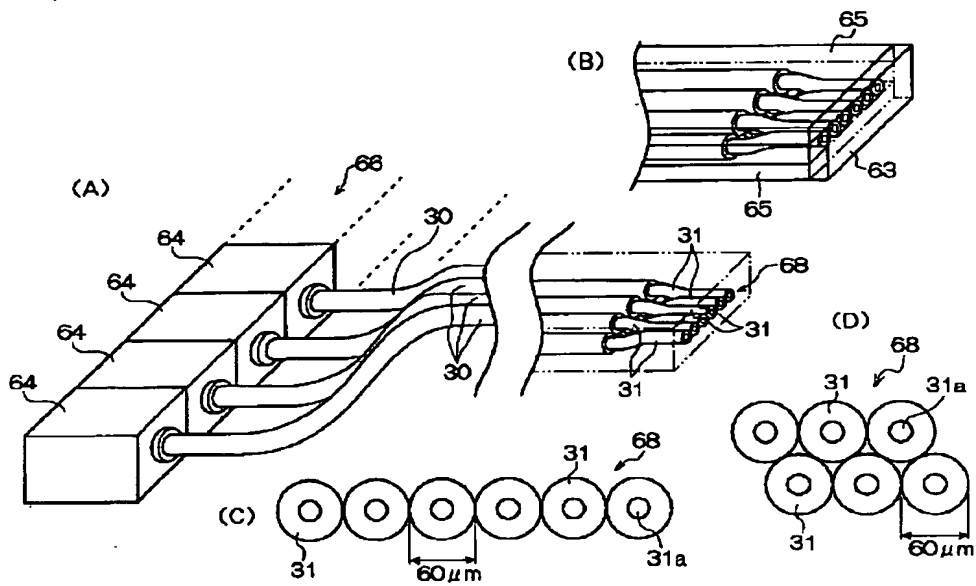
[Drawing 10]



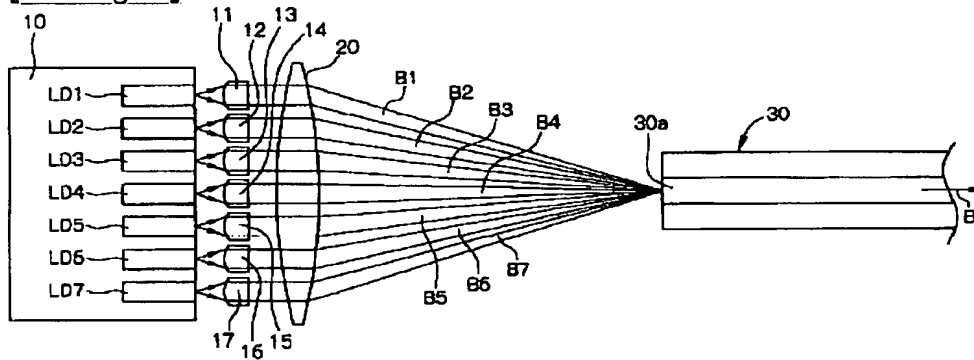
[Drawing 14]



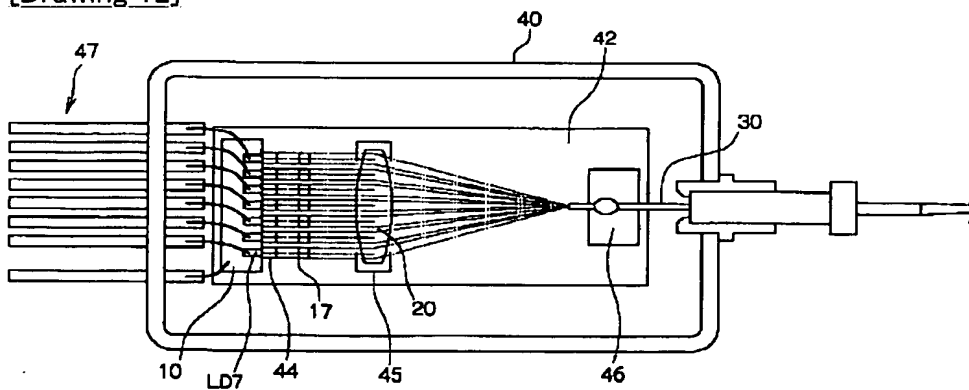
[Drawing 9]



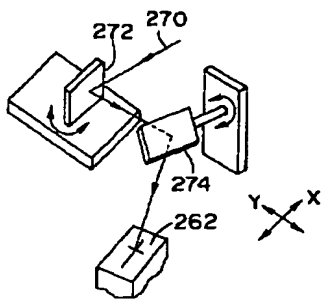
[Drawing 11]



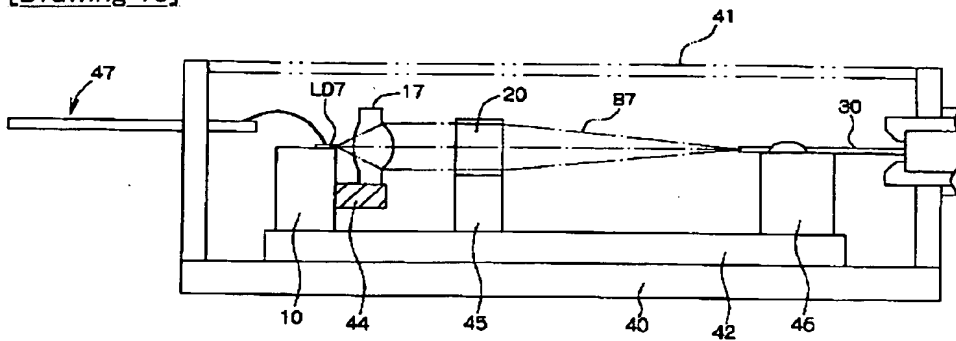
[Drawing 12]



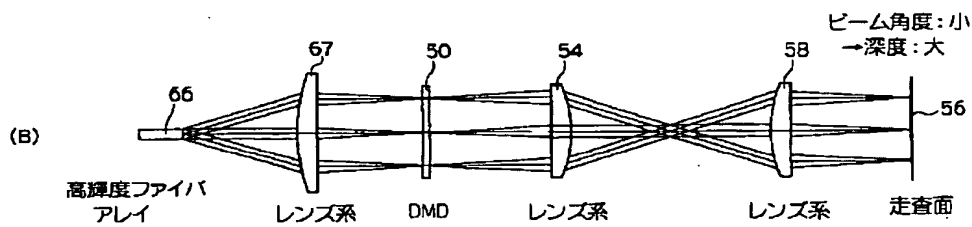
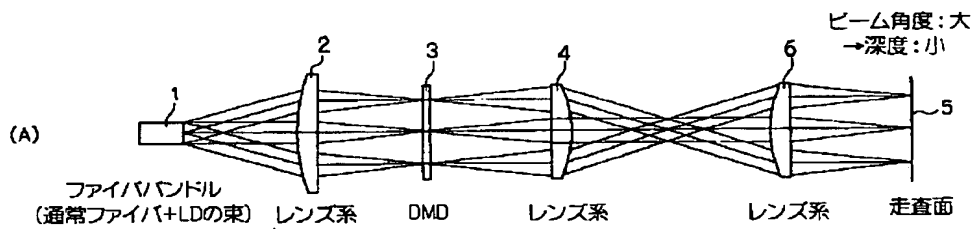
[Drawing 29]



[Drawing 13]

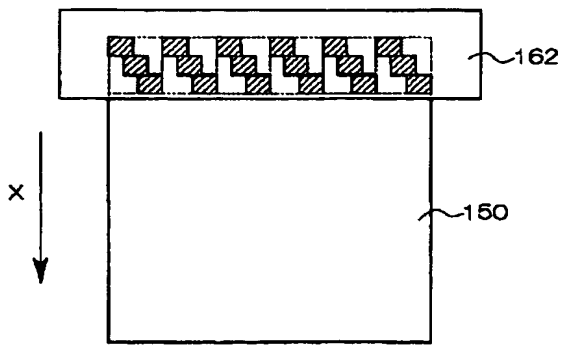


[Drawing 15]

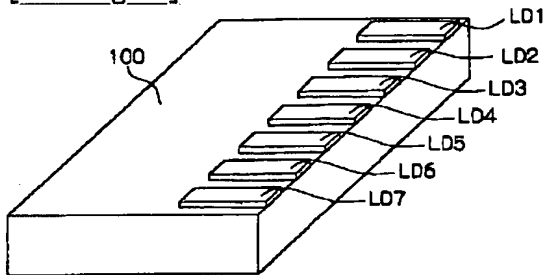


[Drawing 18]

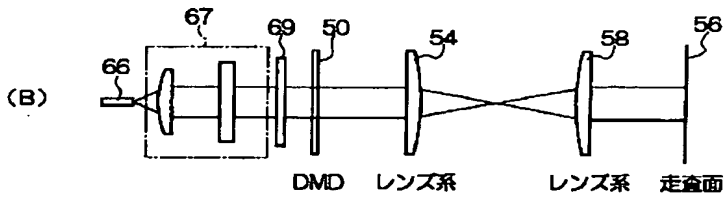
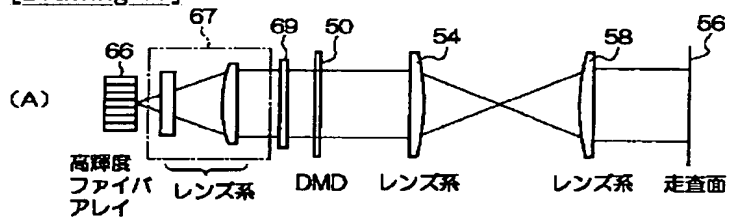




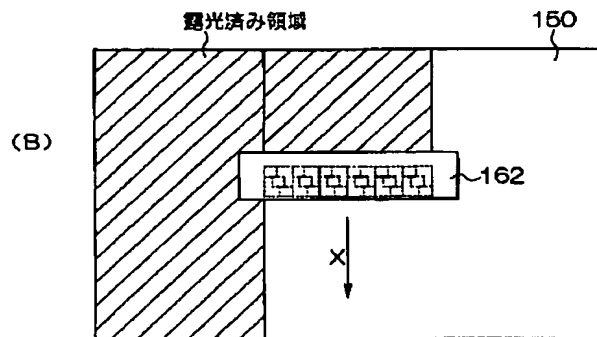
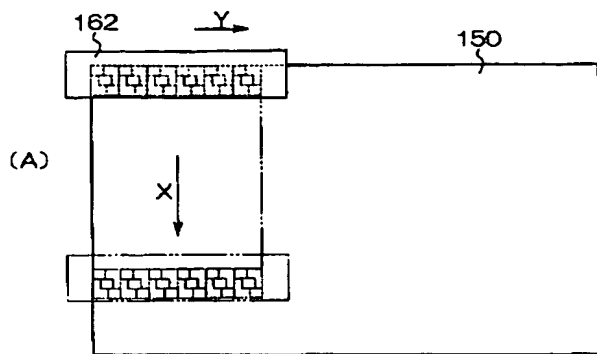
[Drawing 20]



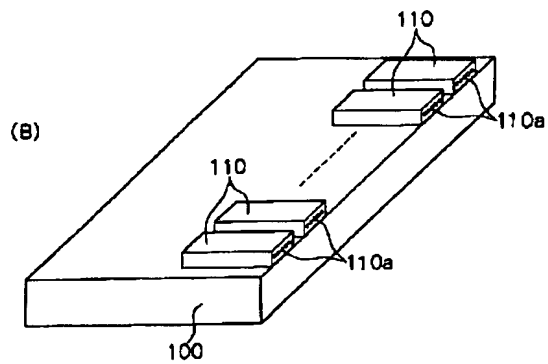
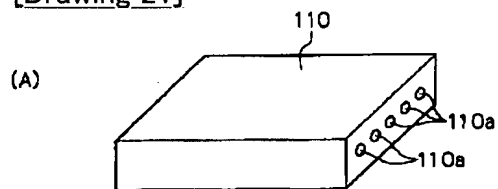
[Drawing 17]



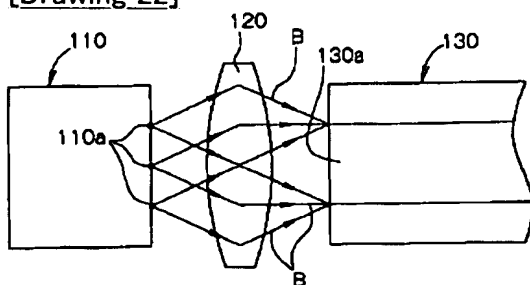
[Drawing 19]



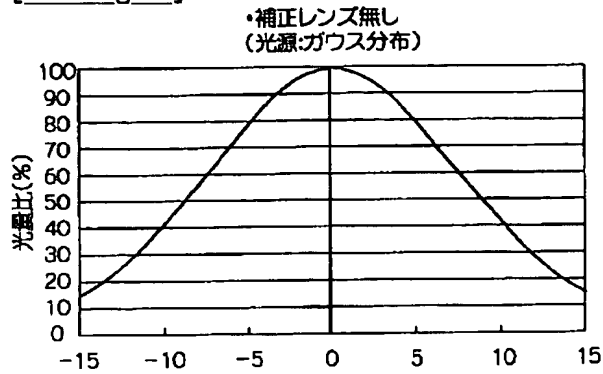
[Drawing 21]



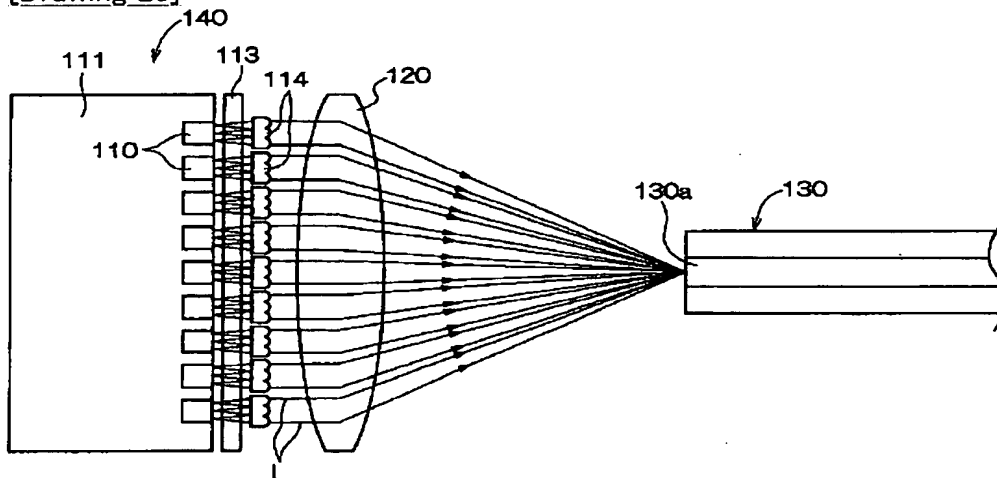
[Drawing 22]



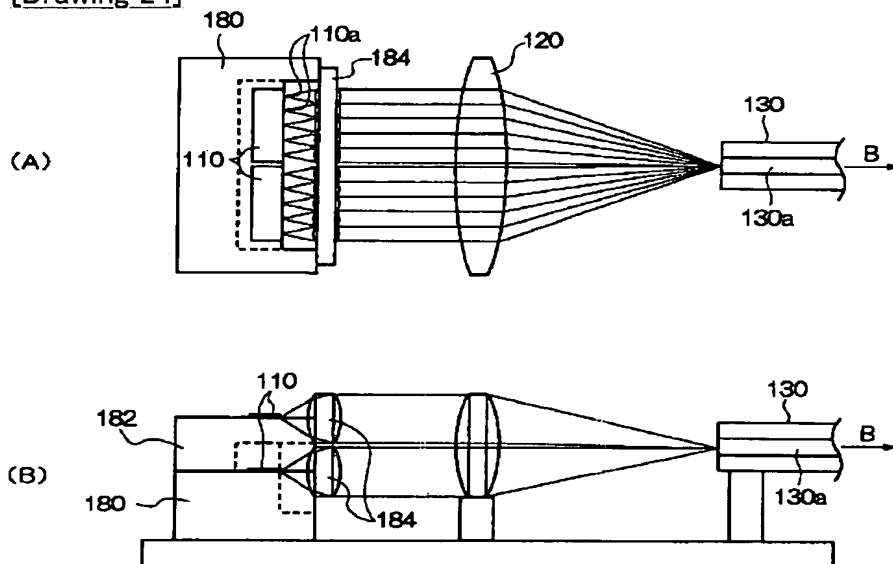
[Drawing 26]



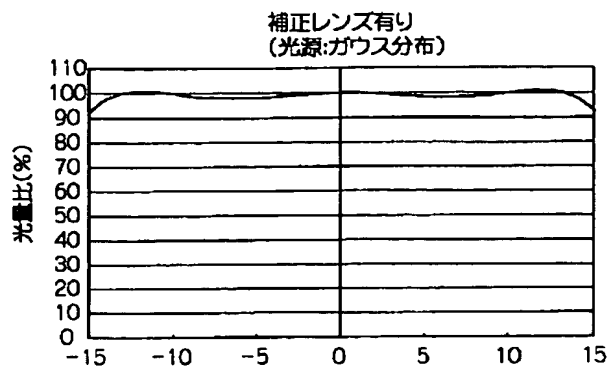
[Drawing 23]



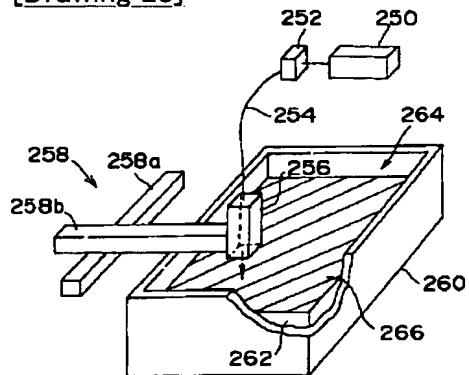
[Drawing 24]



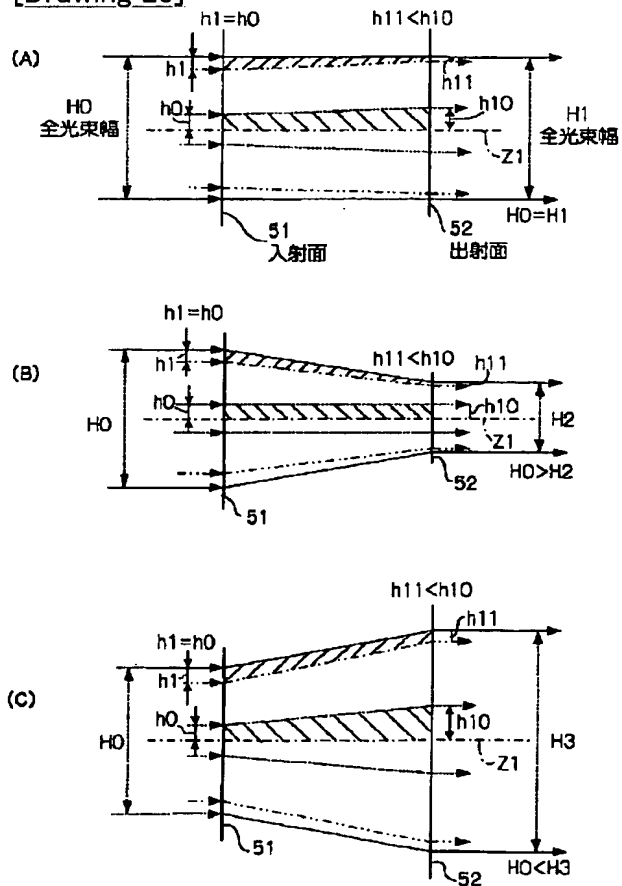
[Drawing 27]



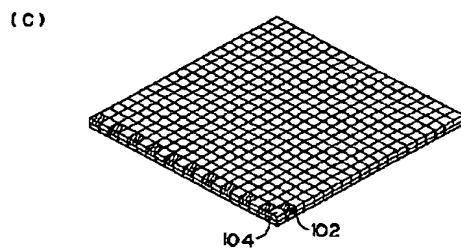
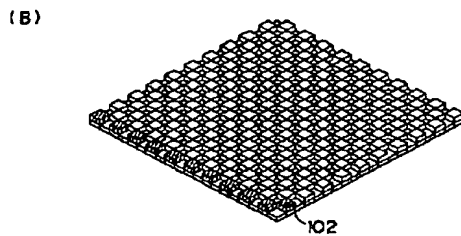
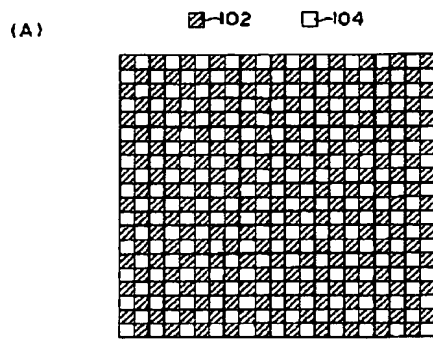
[Drawing 28]



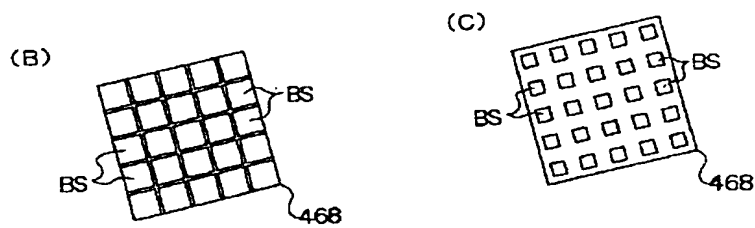
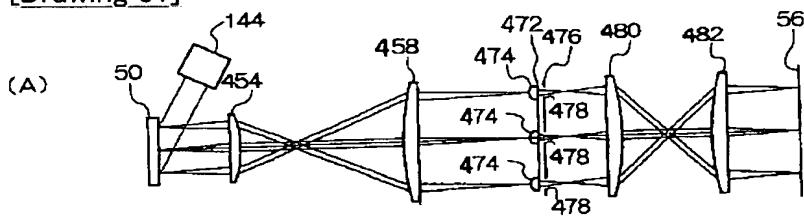
[Drawing 25]



[Drawing 30]



[Drawing 31]



[Translation done.]